

УДК 631.023

## ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ПЛЮЩІЛЬНИХ ВАЛЬЦІВ З ХВИЛЯСТОЮ ПОВЕРХНЕЮ

Сай В.А

Тараймович І.В

Луцький національний технічний університет

*У статті наведено результати теоретичних досліджень конструктивних параметрів плющільних вальців з хвилястою поверхнею для обмолоту насіннєвого вороху льону-довгунця. Запропоновано залежності для визначення радіусів вальців та рівняння, яке описує твірну хвилястої поверхні вальців.*

*The results of theoretical investigations of the constructive parameters of flattening rollers with undulate surface for threshing seed flax heap are presented in the article. There are suggested the depending for determination a radius of rollers and an equation that describes the generating wavy surface of rollers.*

### Постановка проблеми

Якість процесу обмолоту насіннєвих коробочок льону суттєво залежить від молотильних апаратів, які для цього використовуються. Існує багато конструкцій таких апаратів, але, як показує практика, найбільшого поширення отримали вальцеві апарати. Тому на даний час є досить актуальним створення нових конструкцій вальцевих апаратів.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Створенню та дослідженню таких апаратів присвячені роботи [1, 2, 3, 4]. Однак всі дослідження спрямовані на визначення параметрів вальців з гладкою циліндричною поверхнею.

### Результати досліджень

Основними конструктивними параметрами таких вальців є їх радіус, довжина та форма робочої поверхні хвиль.

Оптимальне значення радіуса вальців можна визначити із умови затягування шару вороху льону в щілину між вальцями. Вона має такий вигляд [3]:

$$\varphi \geq \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}, \quad (1)$$

де  $\varphi$  – кут тертя вороху льону по поверхні вальців;

$\alpha_1$  і  $\alpha_2$  – кути охоплення вальців шаром вороху в початковий момент затягування.

Розглянемо залежність кутів обхвату ворохом льону вальців  $\alpha_1$  і  $\alpha_2$  від радіусів вальців, початкової товщини шару вороху  $b$  та зазору  $a$  між вальцями. Для цього використаємо схему взаємодії вальців з шаром вороху льону (рис. 1. а) і побудуємо трапецію  $O_1 L C O_2$  (рис. 1. б). У цій трапеції  $|O_1 L| = r_{1max}$ ,  $|C O_2| = r_{2min}$ ,  $|L C| = e_n$ ,  $|O_1 O_2| = r_{1max} + r_{2min} + a$ . Побудувавши лінію  $M C$ , яка паралельна стороні трапеції  $O_1 L$ , отримаємо трикутник  $M C O_2$ .

Рис. 1. Схема взаємодії вальців з шаром вороху льону (а) та схема до визначення кутів обхвату шаром вороху вальців (б)

*Застосувавши теорему косинусів, з трикутника  $M C O_2$  отримаємо:*

$$\begin{cases} \alpha_1 = \arccos \frac{r_{1max}^2 + (r_{1max} + r_{2min} + a - \epsilon_n)^2 - r_{2min}^2}{2 \cdot r_{1max} \cdot (r_{1max} + r_{2min} + a - \epsilon_n)}; \\ \alpha_2 = \arccos \frac{r_{2min}^2 + (r_{1max} + r_{2min} + a - \epsilon_n)^2 - r_{1max}^2}{2 \cdot r_{2min} \cdot (r_{1max} + r_{2min} + a - \epsilon_n)}. \end{cases} \quad (2)$$

Тоді нерівність (1), яка встановлює умову захоплення шару вороху вальцями, набуде вигляду:

$$\varphi \geq \frac{1}{2} \left( \arccos \frac{r_{1max}^2 + (r_{1max} + r_{2min} + a - \epsilon_n)^2 - r_{2min}^2}{2r_{1max} (r_{1max} + r_{2min} + a - \epsilon_n)} + \arccos \frac{r_{2min}^2 + (r_{1max} + r_{2min} + a - \epsilon_n)^2 - r_{1max}^2}{2r_{2min} \cdot (r_{1max} + r_{2min} + a - \epsilon_n)} \right). \quad (3)$$

**Щоб встановити раціональні значення радіусів вальців прийемо, що відношення радіусів вальців буде рівним:**

$$\frac{r_{1max}}{r_{2min}} = k. \quad (4)$$

Виразивши радіус  $r_{1max}$  через радіус  $r_{2min}$ , тобто  $r_{1max}=k \cdot r_{2min}$ , нерівність (3) прийме вигляд:

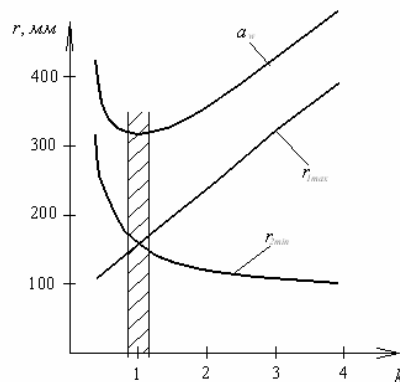
$$\varphi \geq \frac{1}{2} \left( \arccos \frac{r_{2min}^2 \cdot (k^2 - 1) + (r_{2min} \cdot (k + 1) + a - \epsilon_n)^2}{2 \cdot k \cdot r_{2min} \cdot (r_{2min} \cdot (k + 1) + a - \epsilon_n)} + \arccos \frac{r_{2min}^2 \cdot (1 - k^2) + (r_{2min} \cdot (k + 1) + a - \epsilon_n)^2}{2 \cdot r_{2min} \cdot (r_{2min} \cdot (k + 1) + a - \epsilon_n)} \right). \quad (5)$$

Розв'язавши вирази (4) та (5), коли затягується шар насінневого вороху льону початковою товщиною  $\epsilon_n=20$ мм в невелику робочу щілину між вальцями  $a=1$ мм, а коефіцієнт тертя вороху по поверхні вальців досить малий ( $\varphi=20^\circ$ ), отримуємо значення радіусів  $r_{1max}$  і  $r_{2min}$ . За отриманими значеннями побудовано графічну залежність  $r_{1max}(k)$  і  $r_{2min}(k)$ , а також їх сумарний графік, який відображує значення міжосьової віддалі між вальцями (рис. 2).

З наведених графічних залежностей радіусів  $r_{1max}$  і  $r_{2min}$  від їх відношення  $k$ , а також їх сумарного графіка, який встановлює міжосьову віддаль між вальцями, можна зробити висновок, що значення  $k$  повинне знаходитись в межах 0,85 – 1,15 (заштрихована частина на графіку). При більших значеннях  $k$  дуже збільшується один із радіусів, що призводить до збільшення міжосьової віддалі і, як наслідок, металомісткості апарата та більших витрат на його виготовлення.

Для взаємозамінних вальців їх радіуси  $r_{1max}=r_{2max}=r_{max}$  і  $r_{1min}=r_{2min}=r_{min}$  (тут  $r_{max}$  – радіус вальців по виступах хвиль,  $r_{min}$  – радіус вальців по впадинах хвиль). Тому, на основі вище зробленого висновку, відношення радіусів  $r_{max}$  і  $r_{min}$  повинне бути в межах:

$$1 < \frac{r_{max}}{r_{min}} \leq 1,15. \quad (6)$$



**Рис. 2. Графічна залежність радіусів вальців та міжосьової віддалі від відношення радіусів  $k$  та міжосьової віддалі при  $\varphi=20^\circ$ ,  $v_n=20\text{мм}$  і  $a=1\text{мм}$**

Значення даного відношення не може дорівнювати 1, тому що при  $r_{max}/r_{min}=1$  поверхня вальців буде гладкою циліндричною.

Другим важливим параметром є довжина вальців  $L$ . Довжину вальців встановлюють залежно від потрібної пропускної здатності. У більшості випадків довжина вальців рівна ширині молотарки. Для вальців з криволінійною поверхнею довжина робочої щілини  $L_p$  буде більшою від конструктивної довжини вальців  $L$ .

Найбільш зручною для виготовлення і експлуатації форма поверхні вальців буде така, твірна якої описується синусоїдою. Як відомо, синусоїду можна описати такою функцією:

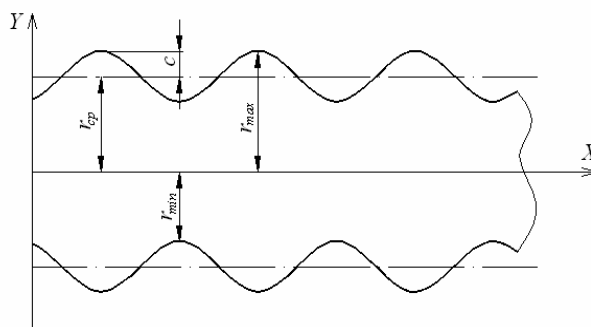
$$y = A \cdot \sin kx + b \quad (7)$$

де  $A$  – величина стискання або розтягування ординати графіка функції  $y = \sin x$ ;

$k$  – величина стискання або розтягування абсциси графіка функції  $y = \sin x$ ;

$b$  – величина перенесення точок графіка функції  $y = \sin x$  вздовж осі  $OY$ .

Направимо по осі обертання вальця вісь  $X$ , а перпендикулярно осі обертання вальця вісь  $Y$  (рис. 3).



**Рис. 3. Схема вальця з криволінійною поверхнею.**

Згідно з рис. 3 числа  $A$ ,  $k$  і  $b$  набудуть таких значень:  $A=c$ ,  $k=1/c$ ,  $b=r_{cp}$ . Тоді рівняння, яке описує твірну хвилястої поверхні вальця з врахуванням формули (7), буде мати такий вигляд:

$$y = c \cdot \sin \frac{x}{c} + r_{cp}, \quad (8)$$

$$\text{де: } c = \frac{r_{\max} - r_{\min}}{2}, \quad r_{cp} = \frac{r_{\max} + r_{\min}}{2}, \quad (9)$$

тут  $r_{\max}$  – радіус по виступах хвиль вальця;

$r_{\min}$  – радіус по впадинах хвиль вальця.

Врахувавши формулу (4), значення параметрів  $c$  і  $r_{cp}$  будуть рівними:

$$c = \frac{r_{\min} \cdot (k - 1)}{2}, \quad r_{cp} = \frac{r_{\min} \cdot (k + 1)}{2}. \quad (10)$$

*У результаті рівняння, яке описує твірну хвилястої поверхні вальців буде таким:*

$$y = \frac{r_{\min}}{2} \left( (k - 1) \cdot \sin \frac{2 \cdot x}{r_{\min} \cdot (k - 1)} + (k + 1) \right). \quad (11)$$

Тут  $r_{\min}$  визначається із умови затягування вальцями шару вороху, а значення  $x$  знаходиться в межах від  $O$  до  $L$  (де  $L$  – прийнята довжина вальців).

### **Висновок**

Отримані залежності дозволять визначити раціональні конструктивні параметри вальців з хвилястою поверхнею. Застосування таких вальців забезпечить підвищення якісних показників процесу обмолоту насінневого вороху під час комбайнового збирання льону-довгунця.

### **Література**

1. Ковалев М.М. Плющильне аппараты льноуборочных машин / М.М. Ковалев, В.П. Козлов. – Тверь, 2002. – 205 с.
2. Особов В.И. Машины и оборудование для уплотнения сено-соломистых материалов / В.И. Особов, Г.К. Васильев, А.В. Голяновский. – М.: Машиностроение, 1974. – 231 с.
3. Сай В.А. Умови затягування вороху льону плющильними вальцями з криволінійною поверхнею / В.А. Сай // Сільськогосподарські машини. Зб. наук. ст. – Луцьк, – 2003. Вип. 11 – С. 96 – 101.
4. Хайлис Г.А. Основы теории и расчета сельскохозяйственных машин / Г.А. Хайлис. – К.: Изд. УСХА, 1992. – 235 с.