

УДК 631.358:633.521

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ, ЩО ХАРАКТЕРИЗУЮТЬ ПОЛОЖЕННЯ СТЕБЕЛ ЛЬОНУ ВІДНОСНО ВАЛЬЦІВ БРАЛЬНОЇ СЕКЦІЇ

*В. Дідух, д.т.н., І. Дударєв, к.т.н.,
Луцький національний технічний університет*

Ключові слова: стебла льону, вальці, бральний апарат, параметри.

У статті відображено результати теоретичних досліджень з визначення параметрів, що характеризують положення стебел льону відносно вальців бральної секції вальцьового льонобрального апарата.

Постановка проблеми. Льонозбиральні агрегати (льонокомбайни, льонобралки) переважно мають пасові бральні апарати. Апарати такої конструкції спричинюють розтягнутість стебел льону у стрічці, що зумовлена значною шириною захвату бральних секцій. Пасові бральні апарати мають складну конструкцію та привод, а також значні габаритні розміри. Винахідниками та науковцями запропоновані конструкції бральних апаратів для льону [1–3], які працюють за різним принципом. Однак більшість конструктивних рішень з різних причин не було реалізовано на практиці. Нині актуальним питанням є розробка конструкції брального апарата, яка дозволила б усунути недоліки існуючих конструкцій апаратів та забезпечила якісне виконання процесу брання льону.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розробкою та вдосконаленням пасових і безпасових льонобральних апаратів займаються науковці з багатьох країн. Серед них необхідно відзначити наукові роботи вітчизняних науковців Г.А. Хайліса, О.О. Налобіної та С.Ф. Юхимчука. Водночас у зв'язку з розробкою вальцьового льонобрального апарата необхідне проведення додаткових теоретичних та експериментальних досліджень для обґрунтування його п. 117 з.

Постановка завдання. Мета дослідження – визначення параметрів, що характеризують положення стебел льону відносно вальців бральної секції вальцьового льонобрального апарата.

Виклад основного матеріалу. Визначимо положення стебел льону під час їх входження у робочу зону бральної секції вальцьового льонобрального апарата [3]. Прийmemo, що всі стебла мають однакові параметри (довжину, діаметр) та є гнучкими тілами. Якщо перетнути вальці

січною площиною Φ під кутом ψ (рис.1 а, б), що паралельна стеблам у момент їх надходження в бральну секцію, тоді в перерізі гладкого вальця матимемо еліпс, мала піввісь якого дорівнює радіусу гладкого вальця $b_{ne1} = r_1$, а велика піввісь – $a_{ne1} = r_1 / \cos \psi$ (де r_1 – радіус гладкого вальця бральної секції, м).

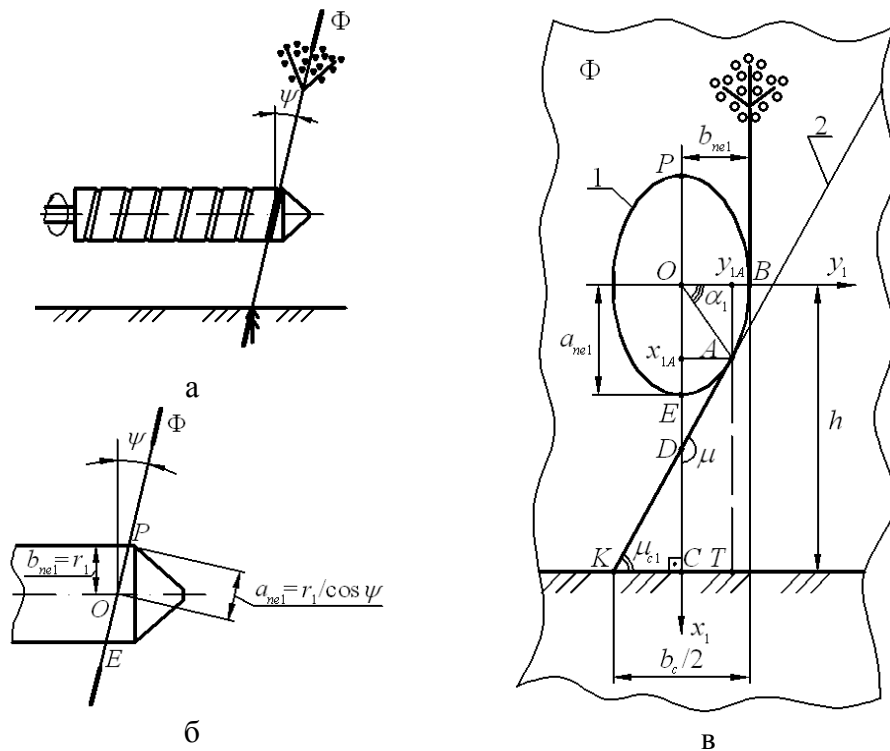


Рис. 1. Розрахункові схеми: а – схема розміщення стебла льону відносно вальця; б – схема для визначення розміру великої та малої півосей еліпса; в – схема для визначення положення стебла льону відносно гладкого вальця бральної секції у площині Φ (1 – переріз гладкого вальця (еліпс); 2 – дотична до еліпса в точці А).

Прийmemo, що в перерізі вальця з гвинтовим пазом площиною Φ матимемо теж еліпс, мала піввісь якого дорівнює $b_{ne2} = r_2$, а велика піввісь – $a_{ne2} = r_2 / \cos \psi$ (де r_2 – радіус вальця з гвинтовим пазом, $r_2 = r_1 - r_{cn}$, м; r_{cn} – радіус напівкруглого поперечного перерізу гвинтового паза, м). Розглянемо еліптичний переріз гладкого вальця, що утворений при його перетині площиною Φ (рис.,1 в). Розмістимо початок координат прямокутної системи $x_1 O y_1$ в центрі еліпса (точка О). Вісь x_1 спрямуємо вздовж великої півосі

еліпса, а вісь y_1 спрямуємо вздовж малої півосі. Рівняння еліпса, що маємо в перерізі гладкого вальця [4]:

$$y_1 = b_{nel} \sqrt{1 - \frac{x_1^2}{a_{nel}^2}}, \quad (1)$$

де x_1, y_1 – координати еліпса, що маємо в перерізі гладкого вальця, м.

Розглянемо стебло, яке розміщене в площині Φ на відстані $b_c/2$ від брального рівчачка, що являє собою ділянку (робочу зону бральної секції), вздовж якої контактують вальці (де b_c – ширина захвату бральної секції, м) під час входження в робочу зону бральної секції. У розглядуваний момент стебло огинає гладкий валець по дузі AB еліпса. Прямолінійна частина стебла AK розміщена вздовж дотичної до еліпса в точці A , що належить еліпсу. Координати кінців відрізка AK : $A(x_{1A}; y_{1A})$ та $K(h; b_{nel} - b_c/2)$. Складемо рівняння прямої, на якій відкладено відрізок AK :

$$y_1 - y_{1A} = \frac{(b_{nel} - b_c/2) - y_{1A}}{h - x_{1A}} \cdot (x_1 - x_{1A}), \quad (2)$$

де h – відстань від точки контакту вальців B до ґрунту в площині Φ , м.

Складемо рівняння дотичної до еліпса в точці A :

$$y_1 - y_{1A} = y_1'(x_{1A}) \cdot (x_1 - x_{1A}) = \frac{-b_{nel}^2 x_{1A}}{a_{nel}^2 y_{1A}} \cdot (x_1 - x_{1A}). \quad (3)$$

Прирівнюючи рівняння (2) та (3), отримаємо:

$$\frac{(b_{nel} - b_c/2) - y_{1A}}{h - x_{1A}} = \frac{-b_{nel}^2 x_{1A}}{a_{nel}^2 y_{1A}}. \quad (4)$$

Після піднесення до квадрата рівняння (4) та враховуючи (1):

$$[b_{nel}^2 h^2 + a_{nel}^2 (b_{nel} - b_c/2)^2] x_{1A}^2 - 2a_{nel}^2 b_{nel}^2 h x_{1A} + \frac{a_{nel}^4 b_c}{2} (2b_{nel} - b_c/2) = 0. \quad (5)$$

Розв'язок квадратного рівняння (5) відносно x_{1A} ,:

$$x_{1A} = \frac{r_1 \left[r_1 h \pm \sqrt{r_1^2 h^2 - \frac{b_c}{2} (2r_1 - b_c/2) \left(h^2 + \frac{(r_1 - b_c/2)^2}{\cos^2 \psi} \right)} \right]}{h^2 \cos^2 \psi + (r_1 - b_c/2)^2}. \quad (6)$$

Враховуючи, що $a_{nel} > b_{nel}$, а також те, що x_{1A} не може набувати від'ємних значень, під час визначення x_{1A} у виразі (6) приймається знак “+”.

Визначимо величину кута огинання гладкого вальця стеблом:

$$\alpha_1 = \arctg\left(\frac{x_{1A}}{y_{1A}}\right). \quad (7)$$

Величина кута огинання стеблом вальця з гвинтовим пазом α_2 визначається так само, як і кута α_1 , але з урахуванням, що стебло розміщене від браального рівчака на відстані $(b_c/2) - r_{cm}$.

Визначимо кут нахилу стебла льону μ_{c1} (у площині Φ), що знаходиться на відстані b_c від браального рівчака з боку гладкого вальця. З рівняння (3) визначимо кутовий коефіцієнт прямої (дотичної до еліпса):

$$k = \frac{-b_{nel}^2 x_{1A}}{a_{nel}^2 y_{1A}} = \operatorname{tg}\mu, \quad (8)$$

де μ – кут між дотичною до еліпса в точці A та віссю x_1 , град.

Обчисливши за формулою (8) значення кутового коефіцієнта дотичної до еліпса k , визначаємо значення тупого кута μ , тангенс якого дорівнює $\operatorname{tg}\mu = k$. З прямокутного трикутника ΔDCK матимемо:

$$\mu_{c1} = \mu - \frac{\pi}{2}. \quad (9)$$

Значення кута нахилу стебла льону μ_{c2} (у площині Φ), що знаходиться на відстані $(b_c/2) - r_{cm}$ від браального рівчака з боку вальця з гвинтовим пазом, визначається так само, як і кута μ_{c1} .

Визначимо розтягнутість стебел у пучку (група стебел, що одночасно потрапляє у гвинтовий паз) під час брання вальцьовим льонобраальним апаратом. Прийmemo, що стебла мають однакові параметри, не розтягуються та не проковзують у пучку під час дії на них вальців браальної секції, а також знаходяться в одній площині Φ у початковий момент.

Під час брання льону вальцьовим браальним апаратом виникає розтягнутість стебел у пучках, з яких у подальшому формується стрічка. Розтягнутість стебел у пучку зумовлена шириною захвату браальної секції. За однакової довжини стебел формується пучок довжина якого (рис. 2 а):

$$L_{n.cm.} = l_{cm} + \Delta_{p.cm.}, \quad (10)$$

де l_{cm} – довжина стебла, м; $\Delta_{p.cm.}$ – величина розтягнутості стебел, м.

Коефіцієнт розтягнутості стебел у пучку:

$$\lambda_{p.cm.} = \frac{L_{n.cm.}}{l_{cm}} = 1 + \frac{\Delta_{p.cm.}}{l_{cm}}. \quad (11)$$

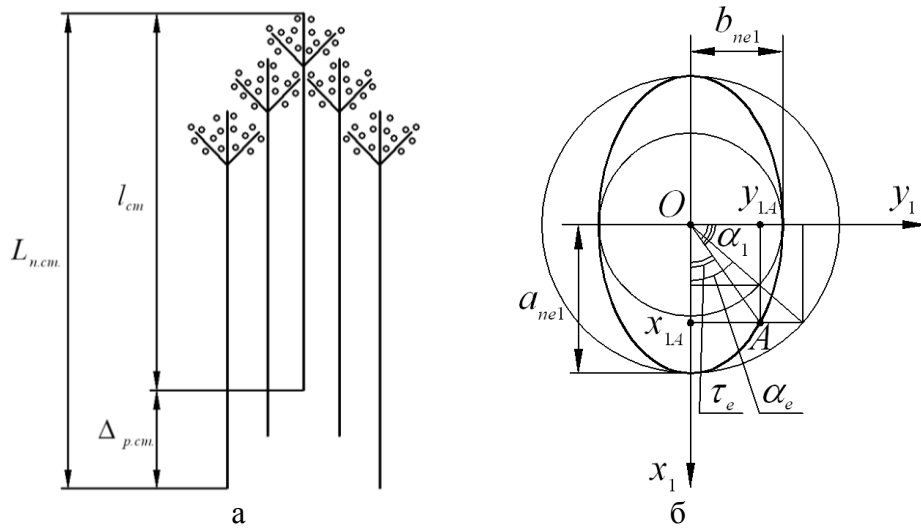


Рис. 2. Розрахункові схеми: а – для визначення розтягнутості стебел у пучку, що формується на початку бральної секції; б – для визначення ексцентричного кута α_e .

Величина розтягнутості стебел:

$$\Delta_{p.cm.} = AK + l_{AB} - h, \quad (12)$$

де AK – відрізок (прямолінійна частина стебла, що найбільш віддалене від брального ривчака), м; l_{AB} – довжина дуги еліпса, м.

Оскільки відрізок $AT = h - x_{1A}$ (рис. 1, в), то відрізок $AK = \frac{h - x_{1A}}{\sin \mu_{c1}}$.

Запишемо рівняння еліпса в параметричній формі:

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= a_{nel} \cos \alpha_e; \\ y_1 &= b_{nel} \sin \alpha_e, \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

де α_e – параметр (ексцентричний кут), $0 \leq \alpha_e \leq 2\pi$, град.

Довжина дуги еліпса визначається таким чином [5]:

$$l_{AB} = \int_{\alpha_{e1}}^{\alpha_{e2}} \sqrt{\left(\frac{dx_1}{d\alpha_e}\right)^2 + \left(\frac{dy_1}{d\alpha_e}\right)^2} = a_{nel} \int_{\alpha_{e1}}^{\alpha_{e2}} \sqrt{1 - e^2 \cos^2 \alpha_e} d\alpha_e, \quad (14)$$

де e – ексцентриситет еліпса ($e^2 = 1 - (b_{nel}^2 / a_{nel}^2)$).

Тангенс кута τ_e між радіус-вектором, опущеним з центра еліпса до точки на еліпсі та віссю x_1 (рис. 2, б):

$$\operatorname{tg} \tau_e = \frac{y_1}{x_1} = \frac{b_{nel} \sin \alpha_e}{a_{nel} \cos \alpha_e} = \frac{b_{nel}}{a_{nel}} \operatorname{tg} \alpha_e. \quad (15)$$

Визначимо ексцентричний кут α_e з виразу (15):

$$\alpha_e = \operatorname{arctg} \left(\frac{a_{nel}}{b_{nel}} \cdot \operatorname{tg} \tau_e \right). \quad (16)$$

Під час обчислення довжини дуги еліпса l_{AB} у випадку, що розглядається, кут τ_e змінюється в межах від $\tau_{e1} = \frac{\pi}{2} - \alpha_1$ до $\tau_{e2} = \frac{\pi}{2}$. Таким чином, ексцентричний кут за обчислення довжини дуги еліпса l_{AB} змінюється в межах від $\alpha_{e1} = \operatorname{arctg} \left(\frac{a_{nel}}{b_{nel}} \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{2} - \alpha_1 \right) \right)$ до $\alpha_{e2} = \frac{\pi}{2}$.

З урахуванням зазначеного коефіцієнт розтягнутості стебел у пучку:

$$\begin{aligned} \lambda_{p.cm.} &= 1 + \frac{h(1 - \sin \mu_{c1}) - x_{1A}}{l_{cm} \sin \mu_{c1}} + \frac{l_{AB}}{l_{cm}} = \\ &= 1 + \frac{h(1 - \sin \mu_{c1}) - x_{1A}}{l_{cm} \sin \mu_{c1}} + \frac{r_1}{l_{cm} \cos \psi} \cdot \int_{\alpha_{e1}}^{\alpha_{e2}} \sqrt{1 - (1 - \cos^2 \psi) \cos^2 \alpha_e} d\alpha_e \end{aligned} \quad (17)$$

Обчислимо інтеграл (14), використовуючи формулу Сімпсона [6]:

$$\begin{aligned} l_{AB} &= a_{nel} \int_{\alpha_{e1}}^{\alpha_{e2}} \sqrt{1 - e^2 \cos^2 \alpha_e} d\alpha_e \approx \\ &\approx \frac{a_{nel} (\alpha_{e2} - \alpha_{e1})}{6m} \left(\sqrt{1 - e^2 \cos^2 \alpha_{e1}} + \sqrt{1 - e^2 \cos^2 \alpha_{e2}} + \right. \\ &\quad \left. + 2 \sum_{k=1}^{m-1} \sqrt{1 - e^2 \cos^2 \alpha_{e(2k)}} + 4 \sum_{k=1}^m \sqrt{1 - e^2 \cos^2 \alpha_{e(2k-1)}} \right), \end{aligned} \quad (18)$$

де m – кількість підінтервалів, шт.

Інтервал $[\alpha_{e1}; \alpha_{e2}]$ розбитий на $2m$ підінтервалів $[\alpha_{e(k)}; \alpha_{e(k+1)}]$ однакової довжини $\frac{(\alpha_{e2} - \alpha_{e1})}{2m}$, тобто $\alpha_{e(k)} = \alpha_{e1} + k \frac{(\alpha_{e2} - \alpha_{e1})}{2m}$, де $k = 0, 1, \dots, 2m$.

На рис. 3 подано графічну залежність $\lambda_{p.cm.}(l_{cm})$, яка показує, що зі зростанням довжини стебел коефіцієнт розтягнутості стебел у пучку зменшується.

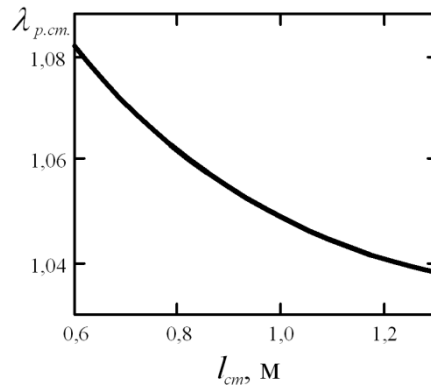


Рис. 3. Графічна залежність $\lambda_{p.cm.}(l_{cm})$ при $b_c=0,25$ м; $\psi=0,47$ рад.; $r_1=0,05$ м; $h=0,15$ м; $\mu_{c1}=0,785$ рад.; $\alpha_1=0,9$ рад.; $x_{1,A}=0,042$ м; $m=150$ шт.

Висновки. Отримані аналітичні залежності дають змогу визначити параметри, що характеризують положення стебел льону відносно вальців бральної секції вальцьового льонобрального апарата, а також встановити розтягнутість стебел у пучку, що надходить у гвинтовий паз вальця.

Бібліографічний список

1. Дударев І. М. Теоретичні основи розрахунку машин для універсальної технології збирання та післязбиральної обробки льону : монографія / І. М. Дударев. – Луцьк : Ред.-вид. відділ ЛНТУ, 2013. – 164 с.
2. Юхимчук С. Ф. Беспасові льонобральні апарати / С. Ф. Юхимчук, С. В. Синій // Сільськогосподарські машини : зб. наук. ст. – Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛДТУ, 1998. – Вип. 4. С. 197–200.
3. Пат. №102634 Україна, МПК А01 D45/06, А01 F11/00. Вальцьовий льонобральний апарат / Дударев І. М. – заяв. 25.04.12 ; опубл. 25.07.13, Бюл. № 14.
4. Соколенко О. І. Вища математика : Підручник / О. І. Соколенко. – К. : Вид. центр “Академія”, 2002. – 432 с.
5. Каплан И. А. Практические занятия по высшей математике / И. А. Каплан. – Харьков : ХГУ, 1967. – 947 с.
6. Мэтьюз Дж. Г. Численные методы. Использование MATLAB / Мэтьюз Джон, Г., Финк Куртис, Д. ; пер. с англ. – М. : Изд. дом “Вильямс”, 2001. – 720 с.

Diduh V., Dudarev I. Reasoning of parameters that characterize the relative position of the stems of flax in the roller flax pulling mechanism.

Results of theoretical researches of parameters of the roller flax pulling mechanism are presented in the article. Coefficient of prolixity stems of flax in the beam that enters the spiral groove of the roller is determined.

Key words: stems of flax, roller, flax pulling mechanism, parameters.

Дидух В., Дударев И. Определение параметров, которые характеризуют положение стеблей льна относительно вальцов теребивной секции.

В статье представлены результаты теоретических исследований по определению параметров, которые характеризуют положение стеблей льна относительно вальцов теребивной секции вальцевого льнотеребивного аппарата. Определен коэффициент растянутости стеблей льна в пучке, который поступает в винтовой паз вальца.

Ключевые слова: стебли льна, вальцы, теребивный аппарат, параметры.