

УДК 631.35:633.521

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ ПОДІЛЬНИКІВ ЛЬОНОЗБИРАЛЬНИХ МАШИН ІЗ КРИВОЛІНІЙНОЮ ПОВЕРХНЕЮ БІЧНОГО ПРУТКА

О. О. Налобіна, докт. техн. наук, проф. — *НУВГП*; **О. П. Герасимчук**, канд. техн. наук — *Луцький НТУ*

Наведено результати теоретичних досліджень процесу взаємодії робочої кромки подільників льонобралки із бічними прутками криволінійної форми зі стеблами льону.

Ключові слова: *стебло, подільник, пруток, форма, взаємодія, розтягнутість.*

Постановка проблеми. Ефективність функціонування АПК України, в тому числі галузі льонарства, залежить від вирішення задачі своєчасного та повного забезпечення господарств конкурентоздатною технікою. Зокрема, для забезпечення якісного брання льону необхідна високопродуктивна, надійна, компактна та недорога вітчизняна льонобралка малої метало- та енергоємності, яка була б рентабельною для застосування у малих та середніх господарствах. Успішне вирішення цієї задачі потребує як розробки нових, компактних, енергоощадних машин, так і модернізації існуючої на балансі у господарствах техніки з метою підвищення її технічного рівня. А тому розроблення теоретичних основ проектування та модернізації техніки, в тому числі машини для брання льону, є актуальним і важливим питанням для подальшого розвитку АПК України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Створення нових та вдосконалення існуючих конструкцій льонобралок потребує аналізу теоретичних досліджень характеристик стеблостою льону та взаємодії робочих органів машин з рослинним матеріалом.

Дослідженням фізико-механічних властивостей луб'яних культур і, зокрема, льону, присвячені роботи таких вчених як М. І. Шликова [1], І. В. Крагельського

[2], М. М. Бикова [3] Г.А. Хайліса [4, 5], та ін. Дослідженням і обґрунтуванням параметрів бральних апаратів займалися М.Н. Летошнєв [6], М.І. Шликов [7], Г.А. Хайліс [8, 9], М.М. Ковальов [10], О.О. Налобіна [11], В.О. Шейченко [12] та інші.

М.Н. Летошнєв [6] розробив поглиблену теорію подільників, теоретично обґрунтувавши основні закономірності впливу робочих прутків подільника на прямостоячі стебла льону. Ним виведена формула для визначення абсолютної розтягнутості льону, створеної подільником. М.Н. Летошнєвим також виведена аналітична залежність довжини ділянки затискання стебел, яка потрібна для брання льону, від довжини кореня, кута нахилу стебла та інших факторів. Дослідження автор проводив лише для брального апарата з поздовжніми рівчачками простої будови; крім того, не були враховані характеристики стеблостою льону, а також вплив фізико-механічних властивостей стебел на процес брання. М.І. Шликовим [7] розглянута динаміка брального рівчачка, отримані формули для визначення рушійної сили і приведеної сили опору для машин. Г. А. Хайлісом [9] проведені дослідження, спрямовані на виявлення впливу видовження брального паса на величину його натягу та отримані залежності у вигляді діаграми розтягу паса. Встановлена залежність між натягом паса і його відносним видовженням. Вченим також досліджено вплив подільника на прямостояче стебло з врахуванням дійсного напрямку відносної швидкості точки контакту стебла з прутком; встановлені залежності відносної і абсолютної швидкостей точки контакту одиничного стебла з прутком подільника від переносної швидкості цієї точки; визначено кут між стеблом льону і силою тертя, який зменшується за умови зростання коефіцієнта тертя, шляху руху подільника та кута його загострення. В.О. Шейченко [12] провів дослідження, спрямовані на обґрунтування кінематичних показників роботи брального апарата з криволінійними рівчачками. Автором запропонована удосконалена конструкція брального апарата з шириною захвату бральної секції 320 мм. О.О. Налобіна [11] дослідила процес взаємодії прямолінійних прутків подільників з групою стебел та визначила вплив параметрів подільників і густоти стеблостою на показник якості збиральних робіт — розтягнутість. Автором також теоретично обґрунтовано і експериментально підтверджено доцільність зменшення ширини захвату бральної секції з 380 мм до 260 мм.

Зрозуміло, що на даний час проведено багато досліджень фізико-механічних властивостей льону, а також досліджень, що стосуються конструкції та умов роботи бральних апаратів, водночас, значна кількість питань залишилась нез'ясованими. Зокрема, теоретичні засади функціонування подільників розроблялись без обґрунтування конфігурації робочих прутків. Зміна профілю впливає на сили тертя стебел по прутку, на силу, з якою пруток тисне на стебла, на підведення стебел у бральний ривчак, тому дане питання потребує подальшого вивчення.

Мета роботи. З урахуванням виконаного аналізу чинних досліджень сформуємо мету роботи: встановлення аналітичної залежності розтягнутості стебел льону, що формується на стадії їхнього підведення до бральних ривчаків, від параметрів подільника з бічними прутками криволінійної форми.

Виклад основного матеріалу. Розглянемо модель взаємодії подільника зі стеблом льону, яка побудована з врахуванням наступних припущень: 1. Поверхня ґрунту не містить нерівностей, тобто може бути змодельована горизонтальною площиною. 2. Стебло льону розміщене перпендикулярно до площини ґрунту, що цілком відповідає існуючим агротехнічним вимогам до цієї культури. 3. Форма бічних прутків подільника може бути описана кривою другого порядку — дугою кола радіуса R . 4. Льонобралка рухається прямолінійно зі сталою швидкістю. 5. Контакт стебла з робочою кромкою подільника у будь-який момент часу відбувається точково у площині подільника.

На рис.1 зображено подільник ABC з криволінійними бічними прутками шириною B (на схемі зображена лише половина подільника) і довжиною l , що рухається паралельно осі Ox з постійною швидкістю $v = const$. Висоту встановлення носика подільника над поверхнею ґрунту позначимо h , кут нахилу подільника до поверхні ґрунту xOy — α . Розглянемо стебло OD , що контактує з подільником в точці A , і основа якого знаходиться в центрі системи координат. Під час руху льонобралки стебло ковзає по бічній поверхні подільника, відхиляється від початкового вертикального положення і підводиться до бральних ривчаків. У момент сходу стебла з кромки подільника, який перебуває в положенні $A'B'C'$, і переходу його в бральний ривчак, воно дотикається до прутка у точці C' . Розтягнутість формується саме під час переходу стебел з робочих кромки подільника у бральні ривчаки за рахунок того, що стебла між пасом і шківом затискаються не на одному рівні,

тобто відземки стебел зміщені. Чим більше це зміщення, тим більша розтягнутість створюється у стрічці стебел льону, яка формується у бральному рівнячку. Величина цього зміщення називається абсолютною розтягнутістю. Розтягнутість формується саме під час переходу стебел з робочих крамок подільника у бральні рівнячки за рахунок того, що стебла між пасом і шківом затискаються не на одному рівні, тобто відземки стебел зміщені. Чим більше це зміщення, тим більша розтягнутість створюється у стрічці стебел льону, яка формується у бральному рівнячку.

Величина цього зміщення називається абсолютною розтягнутістю. Як видно з рис. 1, абсолютну розтягнутість стебел льону можна визначити:

$$\Delta l = OC' - EC' = \sqrt{x_{c'}^2 + y_{c'}^2 + z_{c'}^2} - EC', \quad (1)$$

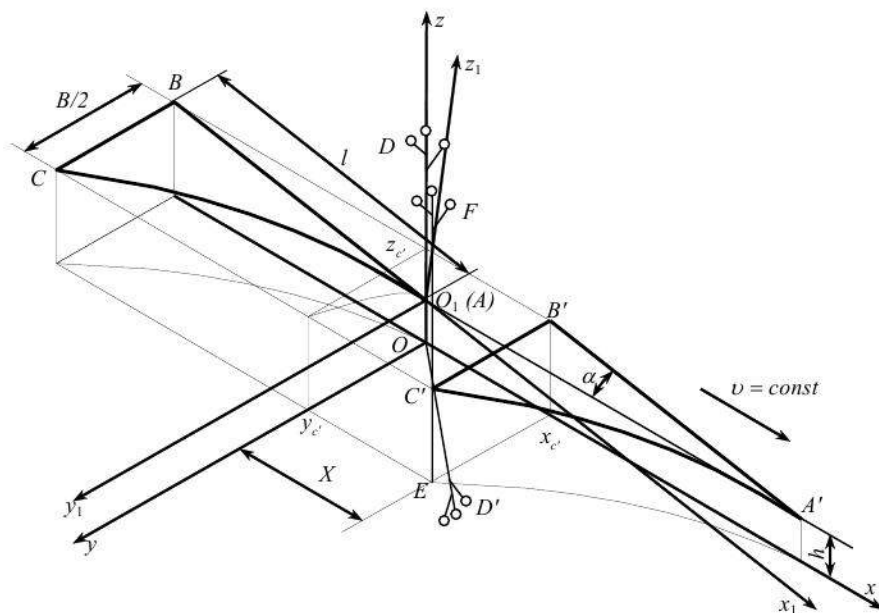


Рис. 1. Модель взаємодії подільника зі стеблом льону

де OC' — відстань від основи до точки C' дотику стебла OD з подільником в позиції $A'B'C'$; EC' — відстань від основи до точки C' дотику стебла EF з подільником в положенні $A'B'C'$; $x_{C'}$, $y_{C'}$, $z_{C'}$ — координати точки C' контакту бічного прутка подільника зі стеблом. Врахувавши, що B — ширина подільника, l — довжина прутка, α — кут нахилу подільника до площини ґрунту, з рис. 1 визначаємо:

$$\left. \begin{aligned} x_{C'} &= X; \\ y_{C'} &= 0,5B; \\ z_{C'} &= EC' = h + l \cdot \sin \alpha, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

де X — переміщення подільника (льонобралки), за якого відбувається підведення стебла до брального рівчачка. Тоді формула (1) з врахуванням (2) набуде вигляду:

$$\Delta l = \sqrt{X^2 + 0,25B^2 + (h + l \cdot \sin \alpha)^2} - h - l \cdot \sin \alpha. \quad (3)$$

Для визначення абсолютної розтягнутості Δl необхідно визначити величину переміщення X . Дана задача була розв'язана засобами аналітичної геометрії.

Розглянемо площину подільника $x_1O_1y_1$ (рис. 2). На стебло в площині подільника діє нормальна сила тиску з боку подільника N , направлена перпендикулярно до дотичної бічного прутка подільника, та сила тертя F_T , направлена по дотичній до бічного прутка подільника. Сумарна сила F в кожний момент часу буде спрямована під кутом μ до нормалі бічного прутка подільника. Під дією сили F стебло буде відхилятися, і точка дотику стебла з бічним прутком подільника опише гвинтову траєкторію, проекція якої на площину $x_1O_1y_1$ буде кривою з радіусом кривизни R . Згідно прийнятих нами припущень ця траєкторія є дугою кола радіуса R . У ході аналізу отримано вирази для визначення кута нахилу дотичної в точці O_1 для ввігнутого подільника:

$$\beta = \arctg \left(\frac{2lB^2 - B\sqrt{(B^2 + 4l^2)(16R^2 - B^2 - 4l^2)} + 8l^3}{4l^2B + 2l\sqrt{(B^2 + 4l^2)(16R^2 - B^2 - 4l^2)} + B^3} \right); \quad (4)$$

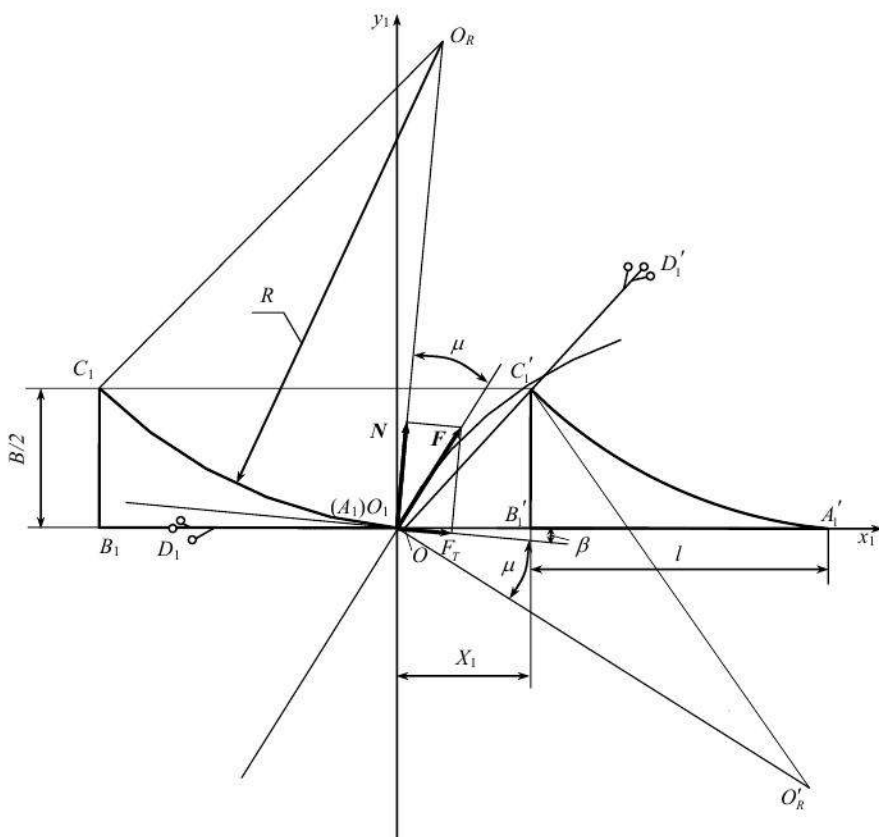


Рис. 2. Схема до визначення проекції переміщення подільника X_1 на площину подільника

для опуклого подільника:

$$\beta = \arctg \left(\frac{2lB^2 + B\sqrt{(B^2 + 4l^2)(16R^2 - B^2 - 4l^2)} + 8l^3}{4l^2B - 2l\sqrt{(B^2 + 4l^2)(16R^2 - B^2 - 4l^2)} + B^3} \right). \quad (5)$$

Під час руху льонобралки стебло ковзає по робочій кромці подільника під дією сили F , направленої по дотичній до траєкторії переміщення точки контакту стебла $C_1'O_1$. Ця траєкторія є дугою кола радіусом R з центром в точці O'_R .

Під час руху льонобралки стебло ковзає по робочій кромці подільника під дією сили F , направленої по дотичній до траєкторії переміщення точки контакту стебла $C_1'O_1$. Ця траєкторія є дугою кола радіусом R з центром в точці O'_R .

Рівняння кола, дуга якого визначає траєкторію точки контакту стебла з робочою кромкою: для ввігнутого подільника

$$(x - R \cdot \cos(\beta - \mu))^2 + (y - R \cdot \sin(\beta - \mu))^2 = R^2; \quad (6)$$

для опуклого подільника

$$(x + R \cdot \cos(\beta - \mu))^2 + (y + R \cdot \sin(\beta - \mu))^2 = R^2. \quad (7)$$

Величина X_1 переміщення подільника в площині x_1Oy_1 з рис.1 та з урахуванням аналітичних перетворень: для ввігнутого подільника

$$X_1 = R \cdot \cos(\beta - \mu) - \frac{1}{2} \sqrt{4R^2 \cos^2(\beta - \mu) - B^2 + 4BR \sin(\beta - \mu)}; \quad (8)$$

для опуклого подільника

$$X_1 = -R \cdot \cos(\beta - \mu) + \frac{1}{2} \sqrt{4R^2 \cos^2(\beta - \mu) - B^2 - 4BR \sin(\beta - \mu)}. \quad (9)$$

Після здійснення переходу до початкової системи координат остаточно отримаємо для ввігнутого подільника

$$X = \frac{R \cdot \cos(\beta - \mu) - \frac{1}{2} \sqrt{4R^2 \cos^2(\beta - \mu) - B^2 + 4BR \sin(\beta - \mu)}}{\cos \alpha} + l \cdot \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha}; \quad (10)$$

для опуклого подільника

$$X = \frac{-R \cdot \cos(\beta - \mu) + \frac{1}{2} \sqrt{4R^2 \cos^2(\beta - \mu) - B^2 - 4BR \sin(\beta - \mu)}}{\cos \alpha} + l \cdot \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha}. \quad (11)$$

Нами були проведенні обрахунки за вищенаведеними формулами за наступних значень $B = 0,18..0,36$ м, $R > 1$ м, $l = 0,8..1,5$ м, $h = 0,1..0,3$, $\alpha = 0..30^\circ$, $\mu = 15..30^\circ$.

Результати розрахунків, які виконано за допомогою програми MathCAD 13, представлені на рис.3.

Як видно з рис.3, збільшення ширини подільника є причиною збільшення розтягнутості льону. Проте, зменшення ширини подільника є причиною збільшення металомісткості брального апарата, а, отже, і його собівартості. У дослідженнях, проведених О.О. Налобіною [11], встановлено, що мінімальна ширина подільника повинна становити $B_{\min} = 0,18$ м, довжина подільника не повинна перевищувати $l_{\max} = 1..1,2$ м, висота встановлення носика подільника не повинна перевищувати $h_{\max} \leq 1/3l_{CT}$, де l_{CT} — середня довжина стебел.

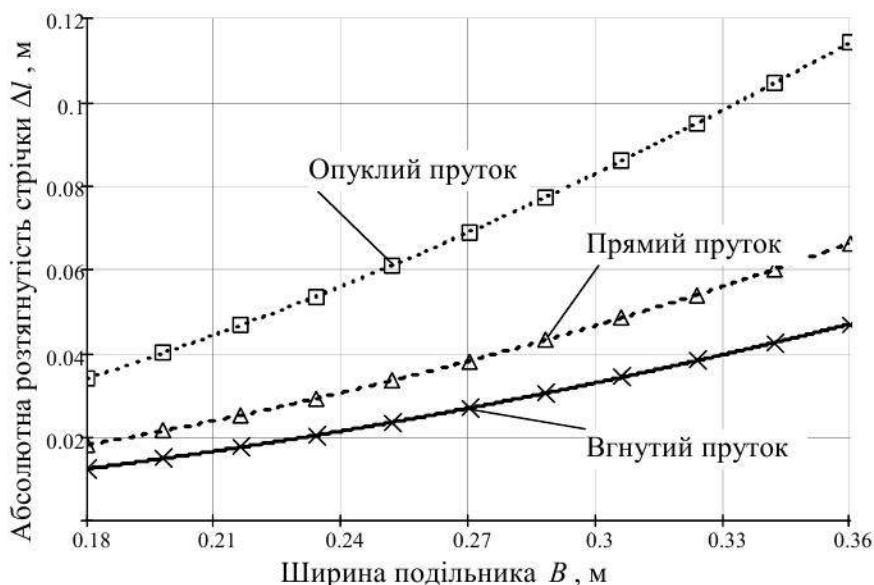


Рис. 3. Залежність абсолютної розтягнутості льону від ширини подільника за різних форм бічного прутка подільника

Висновки. Ввігнута форма бічного прутка подільника забезпечує меншу розтягнутість, ніж опукла та прямолінійна форма бічного прутка. А тому у подальших дослідженнях будемо розглядати лише ввігнуту форму бічного прутка подільника, яка є найбільш доцільною.

Бібліографія

1. Шликов М. И. Основные свойства льна / Шликов М. И. — М.: Сельхозиздат, 1936. — (Теория, конструкция и производство сельхозмашин; Т. 2).
2. Крагельский И. В. Физико-механические свойства лубяного сырья Крагельский И. В. — М.: Сельхозиздат, 1936. — (Теория, конструкция и производство сельхозмашин; Т. 2).
3. Быков Н. Н. Физико-механические свойства льна-долгунца при растяжении / Н. Н. Быков // Труды ВНИИЛ. — 1974. — Вып. № 12. — С. 65-72.
4. Хайлис Г. А. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів / Хайлис Г. А., Горбовий А. Ю., Гошко З. О., Ковальов М. М., Налобіна О.О., Юхимчук С. Ф. — Луцьк: РВВ ЛДТУ, 1998. — 268 с.
5. Ковалев Н. Г. Сельскохозяйственные материалы (виды, состав, свойства) / Ковалев Н.Г., Хайлис Г.А., Ковалев М.М. — М.: ИК Родник, журнал Аграрная наука, 1998. — 208 с.
6. Летошнев М. Н. Сельскохозяйственные машины/ М.Н Летошнев// 3-е изд. перераб. и доп. — М. — Л.: Сельхозгиз, 1955. — 764 с.
7. Шликов М. И. Льноуборочный комбайн / Шликов М. И. — М.: Машгиз, 1949.
8. Хайлис Г. А. Льноуборочные машины / Хайлис Г. А., Быков Н. Н., Бухаркин В.Н., Васильев Г. К., Можаров Б. П. — М.: Машиностроение, 1985. — 232 с.
9. Хайлис Г. А. Теория льнотеребильных аппаратов с поперечными ручьями / Г. А. Хайлис, М. М. Ковалев. — К.: УААН. — 1999. — 90 с.
10. Хайлис Г. А. Теория льнотеребильных аппаратов с поперечными ручьями / Г. А. Хайлис, М. М. Ковалев. — К.: УААН. — 1999. — 90 с.
11. Ковалев, М. М. Анализ динамики льнотеребильных аппаратов с поперечными ручьями [Текст]//Тракторы и сельхозмашины. — 1997. — № 2. — С. 24-27.

12. *Налобіна О. О.* Механіко-технологічні основи взаємодії робочих органів льонозбирального комбайна з рослинним матеріалом: дис. ... доктора техн. наук: 05.05.11 / Налобіна Олена Олександрівна. — К., 2008. — 341 с.
13. *Шейченко В. О.* Обґрунтування параметрів та режиму роботи льонобразального апарата з поперечними рівчаками: автореф. дис.... канд. техн. наук: 05.05.11 / В. О. Шейченко. — Львів, 2006. — 173 с.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЕЛИТЕЛЕЙ ЛЬНОУБОРОЧНЫХ МАШИН С КРИВОЛИНЕЙНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ БОКОВОГО ПРУТКА

Приведены результаты теоретических исследований процесса взаимодействия рабочей кромки делителей льнотеребилки с боковыми прутками криволинейной формы со стеблями льна.

Ключевые слова: *стебель, делитель, прутки, форма, взаимодействие, растянутость.*

THEORETICAL BASES OF DESIGNING DIVIDER FLAX WITH SIDE BAR CURVED SURFACER

The results of theoretical studies of the interaction of the working edge divisors lnoterebilki with side rods curved shape with stalks of flax.

Key words: *stem, divider bars, form, interaction, prolixity.*