

УДК 631.363.2:633.521

© Н.О. Толстушко

Луцький національний технічний університет

АНАЛІЗ РУХУ ПІДПРУЖИНЕНОЇ РАМКИ ПРЕСУВАЛЬНОЇ КАМЕРИ РУЛОННОГО ПРЕС-ПІДБИРАЧА

У статті наведено результати аналізу руху підпружиненої рамки пресувальної камери рулонного прес-підбирача. Дано залежності для визначення кута повороту підпружиненої рамки та координат центра ваги рулону в пресувальній камері змінного об'єму.

ПРЕС-ПІДБИРАЧ, ПРЕСУВАЛЬНА КАМЕРА, НЕСКІНЧЕННІ ПАСИ, СТРИЧКА ЛЬОНУ, РУЛОН.

Постановка проблеми. У світі для збирання льону застосовують рулонні прес-підбирачі з пресувальними камерами змінного об'єму, які утворюються за допомогою систем нескінченних пасів. В таких пресувальних камерах відбувається недостатнє ущільнення зовнішніх шарів стрічки льону в рулоні в порівнянні з внутрішніми, що призводить до значної нерівномірності розподілу щільності в поперечному перерізі рулону. Крім того, часто виходять з ладу нескінченні паси внаслідок їх розтягу при збільшенні сили натягу для ущільнення зовнішніх шарів стрічки в рулоні. Розтяг цих пасів призводить до переплутування, скручування та пошкодження стебел, порушення паралельності між ними в рулоні, що негативно впливає на якість останнього. А тому актуальним є поліпшення якості формування рулонів зі стрічки льону на підставі вдосконалення пресувальної камери та обґрунтування параметрів і режимів роботи її робочих органів [1–7]. Для вирішення цього завдання був запропонований рулонний прес-підбирач [7], у пресувальній камері якого міститься підпружинена рамка. Для обґрунтування параметрів цієї камери необхідно дослідити рух її підпружиненої рамки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій свідчить про те, що мало уваги приділено вдосконаленню пресувальних камер змінного об'єму рулонних прес-підбирачів та визначенню основних параметрів робочих органів цих камер [1–6].

Мета дослідження – проаналізувати рух підпружиненої рамки пресувальної камери рулонного прес-підбирача та отримати залежності для визначення кута повороту цієї рамки.

Результати дослідження. На рис. 1 зображений рулонний прес-підбирач з пресувальною камерою змінного об'єму.

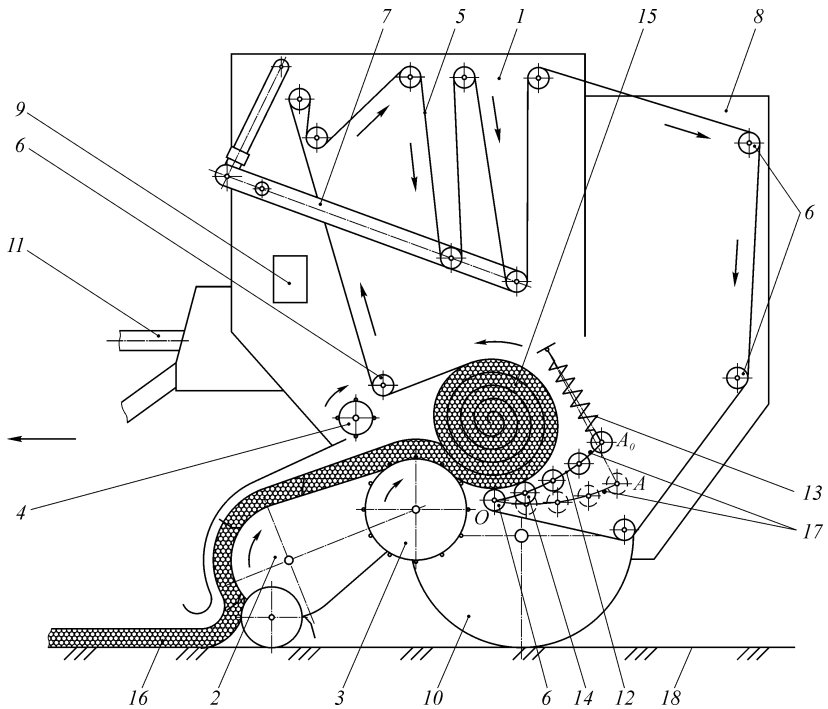


Рис. 1 – Схема рулонного прес-підбирача стрічки стебел льону з пресувальною камерою змінного об'єму: 1 – рама; 2 – підбирач; 3 – барабан; 4 – відбійний валик; 5 – нескінченні паси; 6, 14 – валики; 7 – натяжний пристрій; 8 – клапан вивантаження; 9 – обмотувальний апарат; 10 – ходова частина; 11 – механізм приводу; 12 – підпружинена рамка; 13 – пружини розтягу; 15 – рулон; 16 – стрічка стебел льону; 17 – обмежувачі ходу; 18 – поверхня льоновища

Робочий процес рулонного прес-підбирача складається з таких операцій: 1) підбирання стрічки стебел льону, розстеленої на поверхні льоновища; 2) транспортування стрічки стебел льону в пресувальну камеру; 3) формування рулону зі стрічки стебел льону; 4) обмотування рулону шпагатом; 5) вивантаження сформованого рулону на льоновище.

Опис робочого процесу рулонного прес-підбирача з пресувальною камерою змінного об'єму наведено в [5-7], але тут слід відмітити деякі особливості виконання операції формування рулону. Ця операція складається з трьох фаз. Перша фаза характеризується формуванням зародка рулону, що розпочинається із заповнення льоносировиною вільного простору між нескінченними пасами, відбійним валиком і барабаном. Цей вільний простір клиноподібної форми і є початковою формою пресувальної камери, де під дією рухомих нескінченних пасів, відбійного валика і барабана відбувається ущільнення, петлеподібний згин та обертання стрічки стебел льону. В першій фазі важливим є створення умов формування зародка рулону та його обертання в пресувальній камері. Перша фаза, в порівнянні з іншими двома, має найменшу тривалість. Друга фаза характеризується формуванням рулону в петлеподібній пресувальній камері, яка утворена робочими органами у вигляді барабана, відбійного валика, нескінченних пасів і двох валиків біля барабана, які обтягнуті нескінченними пасами. Третя фаза формування рулону відрізняється від другої фази тим, що на рулон діє підпружинена рамка з валиками.

У даній роботі більш детально дослідимо третю фазу формування рулону за таких допущень: а) рулонний прес-підбирач під час роботи здійснює поступальний, прямолінійний та рівномірний рух вздовж стрічки стебел льону, яка розстелена на поверхні льоновища; б) стрічка стебел льону, яка надходить у пресувальну камеру, рівномірна за товщиною та не містить розривів; в) нескінченні паси не розтягуються під дією сил розтягу; г) жорсткість нескінченних пасів незначна та нею можна знехтувати; ґ) нехтуємо товщиною нескінченних пасів; д) рулон розглядаємо як тіло циліндричної форми, яке стискається в радіальному напрямі; е) нехтуємо деформаціями ланок прес-підбирача, крім пружин.

На рис. 2 дано розташування рулону 6 як тіла циліндричної форми з центром ваги C_0 і радіусом $R_{p,0}$ та робочих органів пресувальної камери. Причому центр ваги C_0 рулону 6 лежить на вертикальній осі Oy в момент початку взаємодії рулону 6 з першим валиком 5, центр якого O_1' . У даний момент рулон 6, який обтягнутий нескінченними пасами 3, опирається на: барабан 1, валик 2 і валик 5. Крім того, на рис. 2 штриховими показано розташування рулону 7 з центром ваги C і радіусом R_p ($R_{p,0} < R_p < R_{p,max}$, де $R_{p,max}$ – максимальний радіус рулону) та відповідне йому положення підпружиненої рамки 4 з валиками 5. Для аналізу відомими є такі параметри: кут ζ_1 між лінією O_6O та горизонталлю; кількість k_e

валиків 5 на підпружиненій рамці 4; радіус R_{σ} барабана 1; радіус r_{σ} валиків 2 і 5; радіус $R_{p,0}$ рулону 6 в момент початку його взаємодії з першим валиком 5 підпружиненої рамки; максимальний радіус $R_{p,max}$ рулону; відстань $O_{\sigma}O$, яку позначимо l_1 ; кути θ_0 і θ_1 ($\angle\theta_0 = \angle C_0OA_0$, $\angle\theta_1 = \angle C_0OO'_1$).

У третій фазі формування рулону підпружинена рамка з валиками опускається вниз, повертаючись на шарнірному з'єднанні з клапаном вивантаження і, долаючи сили пружності пружин розтягу. Це відбувається під дією ваги рулону, діаметр і маса якого збільшуються в проміжку часу $t_0 \leq t \leq t_{\phi}$, де t_0 – час формування рулону до початку його взаємодії з підпружиненою рамкою, а t_{ϕ} – час формування рулону максимального радіуса. Необхідно встановити закон зміни кута $\psi = \psi(t)$ повороту підпружиненої рамки з валиками за цей проміжок часу, де $\angle\psi = \angle A_0OA' = \angle O'_1OO_1$. Причому залежність радіуса R_p рулону від часу t виведена нами раніше в [5].

На рис. 2 представлена схема для визначення закону $\psi = \psi(t)$. Тут використаємо отримані залежності в [6] під час обґрунтування основних параметрів робочих органів пресувальної камери. Так, раніше в [6], визначено радіус $R_p = R_{p,0}$ рулону для $t = t_0$. Для $R_p = R_{p,0}$ положення підпружиненої рамки визначається кутом θ_0 з [6] при відомому θ_1 .

З $\triangle COO_{\sigma}$ ($\angle COO_{\sigma} = \angle \mu'$, а $CO_{\sigma} = R_p + R_{\sigma}$ і $CO = R_p + r_{\sigma}$) знайдемо μ' , який рівний μ з [6], якщо замість $R_{p,max}$ підставити R_p :

$$\mu' = \arccos \left(\left(l_1^2 + (R_p + r_{\sigma})^2 - (R_p + R_{\sigma})^2 \right) / \left(2 \cdot l_1 \cdot (R_p + r_{\sigma}) \right) \right). \quad (1)$$

З $\triangle COO_1$ ($\angle COO_1 = \angle \mu'_1$, $CO = CO_1 = R_p + r_{\sigma}$, а OO_1 позначимо l_3) знаходимо:

$$\mu'_1 = \arccos \left(\frac{l_3}{2 \cdot (R_p + r_{\sigma})} \right), \quad (2)$$

де $l_3 = OO_1 = OO'_1 = 2 \cdot (R_{p,max} + r_{\sigma}) \cdot \sin \left(\frac{\eta}{2} \right)$ – визначено разом з η в [6].

Згідно зі схемою на рис. 2 кут θ'_2 між вертикальною віссю Oy та лінією OO_1 визначається з рівності:

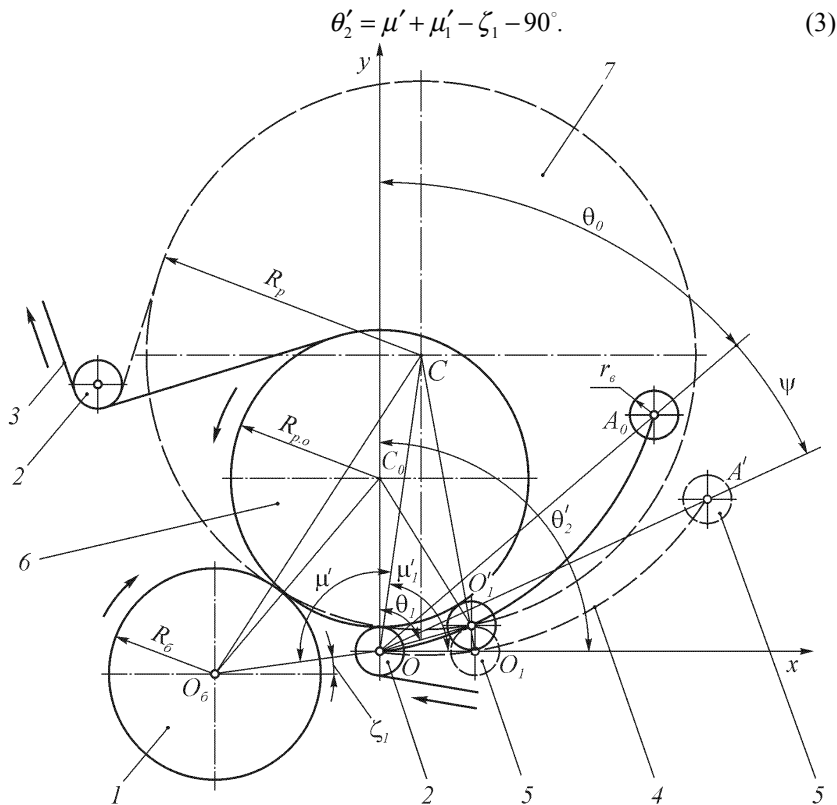


Рис. 2 – Схема для визначення кута Ψ повороту підпружиненої рамки: 1 – барабан; 2, 5 – валики; 3 – нескінченні паси; 4 – підпружинена рамка; 6, 7 – рулони з відповідними радіусами $R_{p,0}$ і R_p

Отже, кут Ψ повороту підпружиненої рамки дорівнює:

$$\begin{aligned} \psi &= \theta'_2 - \theta_1 = \mu' + \mu'_1 - \zeta_1 - 90^\circ - \theta_1 = \\ &= \arccos \left(\frac{l_1^2 + (R_p + r_e)^2 - (R_p + R_\sigma)^2}{2 \cdot l_1 \cdot (R_p + r_e)} \right) + \\ &+ \arccos \left(\frac{(R_{p,max} + r_e) \cdot \sin(\eta/2)}{R_p + r_e} \right) - \zeta_1 - 90^\circ - \end{aligned}$$

$$-\arccos\left(\frac{(R_{p,max} + r_g) \cdot \sin(\eta/2)}{R_{p,0} + r_g}\right), \quad (4)$$

де $l_1, r_g, R_g, R_{p,max}, \eta, \zeta_1$ – параметри, які були визначені раніше.

За схемою на рис. 2 визначимо положення центра ваги рулону в прямокутній системі координат Oxy , яка жорстко пов'язана з рамою прес-підбирача. Прес-підбирач рухається в поздовжньо-вертикальній площині xOy у протилежному напрямі до осі Ox . Координати центра ваги C рулону як тіла циліндричної форми радіусом R_p ($R_{p,0} \leq R_p \leq R_{p,max}$), з урахуванням раніше прийнятих допущень, визначаються за формулами:

$$\left. \begin{aligned} x_{Cp} &= -(R + r) \cdot \cos(\mu' - \zeta_1); \\ y_{Cp} &= (R + r) \cdot \sin(\mu' - \zeta_1). \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Висновки. На основі наведених вище даних розроблена програма на ПЕОМ у середовищі системи комп'ютерної математики Maple V і проаналізовано вплив низки параметрів на формування рулону. У процесі аналізу приймали: $R_{p,max} = 0,65$ м; $\zeta_1 = 8^\circ$; $\eta = 15^\circ$; $k_g = 4$ штуки; $R_g = 0,2$ м; $r_g = 0,045$ м; $l_1 = 0,32$ м; $v_{n,n} = 0,9$ м/с, де $v_{n,n}$ – швидкість нескінченних пасів; $L_p = L_{p,max} = 1,2$ м, де $L_{p,max}$ – максимальна ширина рулону; $\rho_p = 150$ кг/м³, де ρ_p – середня щільність рулону; $M_p = M_{p,max} = 250$ кг, де $M_{p,max}$ – максимальна маса рулону. При цьому маса m_p 1м довжини стеблової стрічки у рулоні, маса m_n 1м довжини стеблової стрічки на льоновищі та швидкість руху v_m агрегату змінювались у таких межах: $m_p = 0,56...2,47$ кг/м; $m_n = 0,3...0,8$ кг/м; $v_m = 1,67...2,78$ м/с.

На рис. 3 побудовані залежності $\psi = \psi(t)$, які характеризують явище формування рулону зі стеблової стрічки льону в пресувальній камері змінного об'єму прес-підбирача.

З аналізу отриманих графіків випливає, що з часом зростає кут ψ повороту підпружиненої рамки, взаємодія якої з рулоном триває у період третьої фази формування рулону та його обмотування шпагатом. Причому тривалість $t_{n,p}$ цієї взаємодії дорівнює $t_\phi - t_0 + t_{об}$, де $t_{об} = 2 \cdot \pi \cdot R_{p,max} \cdot k_{об} / v_{n,n}$ – час обмотування рулону шпагатом, а

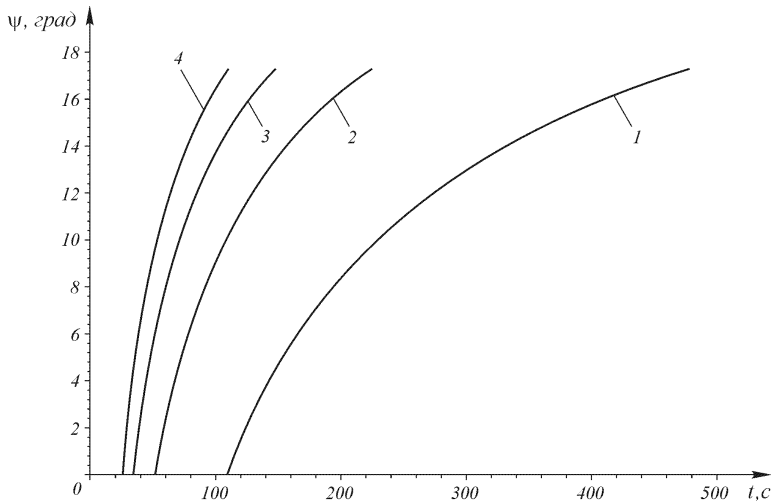


Рис. 3 – Залежності кута Ψ повороту підпружиненої рамки від часу t у третій фазі формування рулону: 1 – для $m_p = 0,56$ кг/м; 2 – для $m_p = 1,20$ кг/м; 3 – для $m_p = 1,83$ кг/м; 4 – для $m_p = 2,47$ кг/м

$k_{об}$ – кількість обертів рулону під час обмотування. Зі збільшенням $t_{н.р}$ зростає щільність шарів стеблової стрічки в рулоні. Крім того, під час руху прес-підбирача на льоновищі рулон у пресувальній камері менш розхитується завдяки додатковій опорі у вигляді підпружиненої рамки, що позитивно впливає на довговічність нескінченних пасів та інших робочих органів машини, а також на якість сформованого рулону. Отримані результати необхідні для аналізу роботи рулонного прес-підбирача з пресувальною камерою змінного об'єму.

Література

1. Хайлис Г.А. Теория льноуборочных машин / Хайлис Г.А. – М.: Росинформагротех, 2011. – 322 с.
2. Хайлис Г.А. Механика растительных материалов / Хайлис Г.А. – К.: УААН, 2002. – 374 с.
3. Особов В.И. Механическая технология кормов / Особов В.И. – М.: Колос, 2009. – 344 с.
4. Толстушко Н.А. Анализ формирования рулона ремненным пресс-подборщиком / Н.А. Толстушко, Г.А. Хайлис, Г.А. Перов //

Внедрение инновационных разработок в целях повышения экономической эффективности в льняном комплексе России. – Вологда, 2012. – С. 198 – 200.

5. Толстушко Н. Исследование формирования рулона в усовершенствованной прессовальной камере пресс-подборщика / Н. Толстушко // Motrol. Commission of motorization and energetics in agriculture. – 2013. – Vol. 15, № 4. – P. 286 – 291.

6. Толстушко Н.О. Визначення основних параметрів робочих органів пресувальної камери рулонного прес-підбирача / Н.О. Толстушко, Г.А. Хайліс, В.О. Шейченко // Механізація та електрифікація сільського господарства. Міжвідомчий тематичний наук. зб. Вип. 97. Т. 1. – Глеваха: ННЦ “ІМЕСГ” НААНУ. – 2013. – С. 332 – 339.

7. Пат. 60254 U Україна, МПК А 01 D 45/00. Рулонний прес-підбирач / Толстушко Н.О., Хайліс Г.А., Юхимчук С.Ф. (Україна). – №u201015244; заявл. 17.12.10; опубл. 10.06.11, Бюл. №11.

Рецензент д.т.н., проф. Г.А. Хайліс

УДК 631.3.001.8

© Г.А. Хайліс, д.т.н.

УкрНИИПВТ им. Л. Погорелого

М.М. Ковалев, д.т.н.

Всероссийский научно-исследовательский институт механизации льноводства

Н.Н. Толстушко, к.т.н.

Луцкий национальный технический университет

О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ МЕХАНИЗМОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

В статье рассмотрены некоторые особенности проведения теоретических исследований механизмов сельскохозяйственной техники. Приведены примеры, связанные с терминологией и определением скоростей точек механизма.

**МЕХАНИЗМ, СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ МАШИНА,
СКОРОСТЬ, МОЩНОСТЬ, ТВЕРДОЕ ТЕЛО**