

УДК 631.35:633.521

DOI 10.36910/775.24153966.2022.73.40

О.О. Чайка, Н.О. Толстушко, М.М. Толстушко*Луцький національний технічний університет***АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ПІДБИРАННЯ СТЕБЛОВОЇ СТРІЧКИ ЛЬОНУ НА ЛЬОНОВИЩІ**

В статті наведено результати аналізу процесу підбирання стеблової стрічки льону на льоновищі за допомогою льонозбиральної машини з комбінованим підбирачем, який містить робочі органи у вигляді пальців. Встановлено аналітичні залежності для обґрунтування режимів роботи і параметрів робочих органів удосконаленого комбінованого підбирача льонозбиральної машини.

Ключові слова: льонозбиральна машина, підбирач, палець, підбирання, відривання, льоновище, стрічка стебел льону.

А.А. Чайка, Н.А. Толстушко, Н.Н. Толстушко**АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ПОДБОРА СТЕБЛЕВОЙ ЛЕНТЫ ЛЬНА НА ЛЬНИЩЕ**

В статье приведены результаты анализа процесса подбора стеблевой ленты льна на льнище с помощью льноуборочной машины с комбинированным подборщиком, содержащим рабочие органы в виде пальцев. Установлены аналитические зависимости для обоснования режимов работы и параметров рабочих органов усовершенствованного комбинированного подборщика льноуборочной машины.

Ключевые слова: льноуборочная машина, подборщик, палец, подбор, отрыв, льнище, лента стеблей льна.

O.O. Chaika, N.O. Tolstushko, M.M. Tolstushko**ANALYSIS OF THE PROCESS OF SELECTING FLAX STEM TAPE IN THE FIELD**

The article presents the results of the analysis of the process of selection of flax stem tape on flax with the help of a flax harvester with a combined sorter, which contains working organs in the form of fingers. Analytical dependences for substantiation of operating modes and parameters of working bodies of the advanced combined flax harvester are established. To prepare flaxseed in the field under adverse weather conditions, the stem tape is placed by a flax harvester on the wet vegetation of the flaxseed, where it dries with it and germinates with grass and weeds while lying on the flaxseed. As a result of curing, the stem tape seems to stick to the flaxseed, which creates certain difficulties during its mechanized lifting, because first the stem tape must be torn off from such a surface. This process is often accompanied by significant damage and loss of flax. Due to the study of the process of picking the stem belt on flax, it is possible to systematically improve the pickers of flax harvesters.

Key words: flax harvester, pick-up, finger, picking, tearing, field, tape of flax stalks.

Постановка проблеми. Одним із важливих завдань льонарства є підвищення якості підбирання стеблової стрічки льону на основі розроблення принципово нових та вдосконалення відомих робочих органів льонозбиральних машин [1-5]. Для приготування лляної трести в польових умовах за несприятливих погодних умов стеблова стрічка вкладається льонозбиральною машиною на вологий рослинний покрив льоновища, де підсихає разом з ним і під час вилежування на льоновищі проростає травою та бур'янами. У результаті вилежування стеблова стрічка ніби прилипає до льоновища, що створює певні труднощі під час її механізованого піднімання, адже спочатку стеблову стрічку необхідно відірвати від такої поверхні. Часто цей процес супроводжується значними пошкодженнями і втратами льоносировини. Якісне виконання такого завдання повинно забезпечуватись підбиральним апаратом або підбирачем льонозбиральних машин. Переважно такі машини містять робочі органи у вигляді пальців, які рухаються та взаємодіючи з розстеленою стебловою стрічкою на льоновищі відривають її від рослинного покриву. При цьому долаються сили зчеплення стеблової стрічки з льоновищем. Завдяки вивченню процесу підбирання стеблової стрічки на льоновищі можливе системне удосконалення підбирачів льонозбиральних машин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні відомо багато робіт присвячених процесам підбирання стеблових стрічок льону [1-7], але поряд з цим недостатньо досліджено функціонування підбирачів льонозбиральних машин у складних умовах роботи, особливо за несприятливих погодних умов або змінних характеристиках льоновища та стеблових стрічок. Під час роботи льонозбиральних машин часто змінюється їх швидкість руху, відбуваються зупинки, але дослідники переважно розглядали усталений режим роботи машин зі сталою швидкістю руху. У багатьох працях дослідників явище відривання стеблової стрічки від поверхні льоновища залишилось поза увагою, а за прийнятих допущень льонозбиральна машина рухалась рівномірно, поступально та прямолінійно.

Постановка завдань. Мета дослідження – проаналізувати підбирання стеблової стрічки підбирачем льонозбиральної машини і встановити залежності для обґрунтування його параметрів.

Викладення основного матеріалу. На рис. 1 представлена схема для аналізу процесу підбирання стеблової стрічки льону на льоновищі. Тут палець підбирача обертається навколо осі, яка проходить через точку O_n перпендикулярно площині руху льонозбиральної машини. Льонозбиральна машина з підбирачем рухається поступально та прямолінійно зі змінною швидкістю v_n , причому напрям руху машини і напрям обертання пальця підбирача показано на рисунку. Вздовж пальця підбирача проведена вісь $O_n\xi$, а сам палець обертається у вертикальній площині з кутовою швидкістю ω_n та кутовим прискоренням ε_n . Положення пальця підбирача від нижнього вертикального положення визначається кутом φ . На пальці підбирача знаходиться елемент стеблової стрічки C у вигляді групи стебел, яку будемо розглядати як матеріальну точку масою m_{cm} .

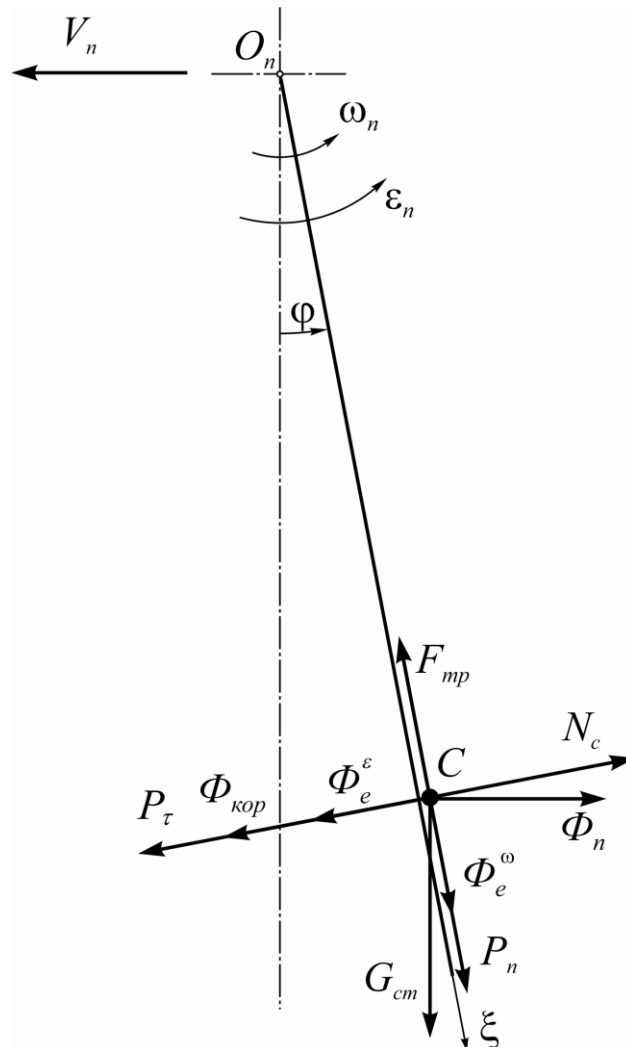


Рис. 1. Схема для аналізу процесу підбирання стеблової стрічки льону на льоновищі

Розглянемо взаємодію елемента стеблової стрічки C з пальцем підбирача льонозбиральної машини. Використаємо тут диференціальне рівняння відносного руху матеріальної точки [8], яке у векторній формі в нашому випадку має такий вигляд:

$$m_{cm} \cdot \vec{a}_r = \vec{F} + \vec{R} + \vec{\Phi}_e + \vec{\Phi}_{кор}, \quad (1)$$

де \vec{a}_r – відносне прискорення елемента стеблової стрічки C ;

\vec{F} – векторна сума діючих активних сил на елемент стеблової стрічки C ;

\vec{R} – векторна сума реакцій в'язей, які накладені на елемент стеблової стрічки C зі сторони пальця;

$\vec{\Phi}_e$ – переносна сила інерції;

$\vec{\Phi}_{кор}$ – коріолісова сила інерції.

З активних сил на елемент стеблової стрічки C діють: сила ваги $G_{cm} = m_{cm} \cdot g$ (де g – прискорення вільного падіння), сила P зчеплення стебел між собою у стрічці та з рослинним покривом льоновища. Сила P залежить від характеристик стеблової стрічки, льоновища, а також кута повороту пальця φ . Силу P представимо у вигляді двох складових P_n та P_τ (рис.). Причому складова P_n напрямлена вздовж пальця, а складова P_τ напрямлена перпендикулярно пальцю. Оскільки силу P будемо вважати силою корисного (технологічного) опору, тому напрям її складових P_n та P_τ вибрано саме з цих міркувань. Значення P_n та P_τ будемо визначати експериментально.

Зі сторони пальця підбирача на елемент стеблової стрічки C діють: нормальна реакція N_c , сила тертя ковзання $F_{mp} = f \cdot N_c$, де f – коефіцієнт тертя ковзання стеблової стрічки льону на поверхні пальця підбирача.

Переносну силу інерції Φ_e представимо у вигляді трьох складових Φ_n , Φ_e^ω та Φ_e^ε (рис.). Складова $\Phi_n = m_{cm} \cdot \frac{dv_n}{dt}$ виникає внаслідок змінної швидкості v_n льонозбиральної машини під час підбирання стеблової стрічки з урахуванням прийнятих вище допущень. Складова $\Phi_e^\omega = m_{cm} \cdot \omega_n^2 \cdot \xi$, де ξ – координата точки C (відстань $O_n C$), а складова $\Phi_e^\varepsilon = m_{cm} \cdot \varepsilon_n \cdot \xi$. Тут кутова швидкість $\omega_n = \frac{d\varphi}{dt}$, а кутове прискорення $\varepsilon_n = \frac{d^2\varphi}{dt^2}$.

$$\text{Коріолісова сила інерції } \Phi_{кор} = 2 \cdot m_{cm} \cdot \omega_n \cdot \frac{d\xi}{dt}.$$

Рівняння (1) в проекції на вісь $O_n \xi$, з урахуванням вищезгаданих сил, матиме вигляд:

$$m_{cm} \cdot \frac{d^2\xi}{dt^2} = G_{cm} \cdot \cos \varphi + P_n - F_{mp} + \Phi_n \cdot \sin \varphi + \Phi_e^\omega. \quad (2)$$

Силу N_c визначимо з умови безвідривного руху елемента стеблової стрічки C на пальці підбирача:

$$N_c = G_{cm} \cdot \sin \varphi + P_\tau - \Phi_n \cdot \cos \varphi + \Phi_e^\varepsilon + \Phi_{кор}. \quad (3)$$

Після підстановки у рівняння (2) усіх величин і спрощення, отримаємо:

$$\frac{d^2\xi}{dt^2} = -2 \cdot f \cdot \frac{d\varphi}{dt} \cdot \frac{d\xi}{dt} + \left(\left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 - f \cdot \frac{d^2\varphi}{dt^2} \right) \cdot \xi + \frac{dv_n}{dt} \cdot (\sin\varphi + f \cdot \cos\varphi) + g \cdot (\cos\varphi - f \cdot \sin\varphi) + \frac{P_n - f \cdot P_\tau}{m_{cm}}. \quad (4)$$

Отримане диференційне рівняння (4) за прийнятих вище допущень описує взаємодію пальця підбирача льонозбиральної машини зі стебловою стрічкою льону під час виконання процесу її підбирання на льоновищі. Це рівняння дає можливість проаналізувати таку взаємодію під час різних режимів роботи підбирача льонозбиральної машини.

Висновки. Для обґрунтування параметрів і режимів роботи робочих органів комбінованого підбирача льонозбиральної машини розроблена програма на ПЕОМ в системі Maple V, яка дозволяє проаналізувати вплив багатьох факторів на переміщення стеблової стрічки льону під час її підбирання в різних умовах збирання.

Список використаних джерел

1. Шейченко В. О., Хайліс Г. А. Теорія і розрахунок апаратів для підбирання та обертання : монографія. Ніжин : Видавець ПП Лисенко М. М., 2014. 240 с.
2. Дідух В. Ф., Ковалишин С. Й., Дударєв І. М., Тараймович І. В. Технології вирощування, збирання та переробки льону-довгунця : навч. посіб. Львів : Львівський НАУ, 2013. 324 с.
3. Толстушко Н. О., Хайліс Г. А., Толстушко М. М. Рулонні прес-підбирачі : монографія. Луцьк : ІВВ Луцького НТУ, 2018. 164 с.
4. Цикалюк Ю. О. Вдосконалення підбирачів стебел льону: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.05.11. Луцьк, 2001. 19 с.
5. Чайка О. О., Толстушко Н. О., Толстушко М. М., Сацюк В. В., Булік Ю. В. Аналіз конструкцій та роботи підбиральних апаратів машин для збирання льону. Наукові нотатки. Міжвузівський збірник наук. праць. 2021. Вип. 71. С. 348 – 352.
6. Хайліс Г. А., Волошин В. І., Толстушко М. М. Аналіз роботи розпушувача стеблової стрічки льону. Сільськогосподарські машини. Зб. наук. ст. 2006. Вип. 14. С. 202 – 209.
7. Хайліс Г. А., Волошин В. І., Толстушко М. М. Аналіз взаємодії пальців розпушувача зі стеблами стрічки льону. Науковий вісник Національного аграрного університету. 2007. Вип. 115. С. 214 – 220.
8. Павловський М. А. Теоретична механіка : підручник. Київ : Техніка, 2004. 512 с.

Рецензент Дідух Володимир Федорович, завідувач кафедри аграрної інженерії імені професора Г.А. Хайліса Луцького національного технічного університету, доктор технічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України.