

УДК 631.358:633.521

© І.М. Дударев, к.т.н.

Луцький національний технічний університет

ОБҐРУНТУВАННЯ КІНЕМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СЕПАРАТОРА ЛЛЯНОГО ВОРОХУ

У статті представлено результати теоретичних досліджень з обґрунтування кінематичних параметрів сепаратора лляного вороху з врахуванням допустимої величини розтягу вороху.

СЕПАРАТОР, ЛЛЯНИЙ ВОРОХ, ПАРАМЕТРИ, РОЗТЯГ.

Постановка проблеми. Для забезпечення ефективної роботи сепаратора лляного вороху без пошкодження та втрат насінневої частини урожаю льону, необхідно обґрунтувати його раціональні параметри, зокрема кінематичні. Під час встановлення раціональних режимів роботи сепаратора необхідно враховувати склад лляного вороху та його фізико-механічні властивості, серед яких важливе значення має допустима величина розтягу шару лляного вороху. Тому дослідження спрямовані на обґрунтування кінематичних параметрів розтягувальних секцій сепаратора з врахуванням властивостей шару лляного вороху є актуальними.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вітчизняними та закордонними науковцями запропоновані різні способи сепарації лляного вороху та конструкції сепараторів. Дослідження науковців

Луцького НТУ спрямовані на обґрунтування процесу сепарації льяного вороху шляхом його розтягування, зокрема таким дослідженням присвячені роботи В.Ф. Дідуха [1], Р.В. Кірчука [2], І.В.Тараймович [3] та інших. Разом з тим, запропонована конструкція сепаратора потребує подальших досліджень з метою обґрунтування кінематичних параметрів розтягувальних секцій з врахуванням властивостей шару льяного вороху.

Мета дослідження – обґрунтування кінематичних параметрів сепаратора льяного вороху.

Результати дослідження. Обґрунтуємо кінематичні параметри розтягувальних секцій сепаратора льяного вороху. Прийємо наступні допущення: ворох, що подається на сепарацію, має однакові властивості та вміст складових; у процесі розтягування шару вороху пальцями не відбувається його розриву; розтягувальні секції є однаковими конструктивно, розміщені на одному рівні вздовж днища; кутова швидкість кожної наступної секції більша за попередню $\omega_{p.c.1} < \omega_{p.c.2} < \omega_{p.c.3}$; кривошини секцій мають однаковий радіус $r_{p.c.}$.

Встановимо залежність між швидкістю стрічково-планчастого транспортера $V_{тр.}$ та кутовою швидкістю обертання першої секції $\omega_{p.c.1}$ за якої б забезпечувалася необхідна величина розтягу ΔS_1 шару льяного вороху на першому етапі розтягу. Початок занурення пальців у льяний ворох має відбуватися в момент, коли кут повороту кривошипів розтягувальних секцій $\varphi_{p.c.1} = 0$, якщо це відбуватиметься раніше, тоді ворох буде не розтягуватися, а стискатися, що недопустимо. Нехай шар льяного вороху починає переміщатися (розтягуватися) пальцями гребінки першої по ходу вороху розтягувальної секції при куті повороту кривошипів $\varphi_{p.c.1} = \varphi_0$, тобто, коли пальці входять у ворох на глибину $h_{вх.}$, та переміщається вздовж робочої зони секції, яка визначається кутом $\varphi_{роб.} = \pi - 2\varphi_0$, до моменту, коли $\varphi_{p.c.1} = \pi - \varphi_0$ (рис. 1). Для подальших досліджень припустимо, що кути, які визначають робочі зони усіх розтягувальних секцій сепаратора, однакові $\varphi_{роб.} = \varphi_{роб.1} = \varphi_{роб.2} = \varphi_{роб.3}$. Оскільки в дійсності висота шару льяного вороху вздовж сепаратора зменшується внаслідок його розтягування, тому зменшується довжина робочих зон розтягувальних секцій. Зменшення довжини робочих зон негативно впливає на сепарацію, оскільки внаслідок цього збільшуватиметься величина ділянок між ними, а це призводитиме до уповільнення швидкості вороху, його збивання (спресовування). Для усунення цього недоліку необхідно,

щоб величина робочих зон усіх розтягувальних секцій була однаковою та максимально великою.

Розглянемо шар лляного вороху висотою $h_{ш}$, що робочою гілкою подавального транспортера переміщується зі швидкістю V_{mp} у напрямку першої розтягувальної секції. З однієї сторони на транспортері шар вороху (кінець шару лляного вороху) утримується планкою, а з іншої сторони ворох (початок шару лляного вороху) захоплюється та переміщується пальцями гребінки першої розтягувальної секції. Для забезпечення розтягування шару вороху необхідно, щоб швидкість транспортера V_{mp} була меншою за горизонтальну складову швидкості гребінки з пальцями $V_{греб.г.}$.

Час, за який гребінка разом з початком шару лляного вороху пройде робочу зону першої розтягувальної секції, визначається наступним чином $t_{роб.1} = \varphi_{роб.} / \omega_{p.c.1}$. Переміщення кінця шару лляного вороху, що рухається разом з транспортером, за час $t_{роб.1}$ буде $S'_1 = V_{mp} \cdot t_{роб.1}$, а переміщення початку шару лляного вороху днищем сепаратора в межах робочої зони першої розтягувальної секції за цей же час складе $S''_1 = 2r_{p.c.} \cdot \sin(\varphi_{роб.} / 2)$. Таким чином, величина розтягу ΔS_1 шару лляного вороху на першому етапі розтягу:

$$\Delta S_1 = S''_1 - S'_1 = 2r_{p.c.} \cdot \sin\left(\frac{\varphi_{роб.}}{2}\right) - \frac{V_{mp} \cdot \varphi_{роб.}}{\omega_{p.c.1}}. \quad (1)$$

Задаючи величину розтягу ΔS_1 шару вороху на цьому етапі, визначаємо необхідне значення кутової швидкості першої розтягувальної секції для його забезпечення з виразу (1):

$$\omega_{p.c.1} = \frac{V_{mp} \cdot \varphi_{роб.}}{2r_{p.c.} \cdot \sin\left(\frac{\varphi_{роб.}}{2}\right) - \Delta S_1}. \quad (2)$$

Розглянемо дві сусідні розтягувальні секції (першу та другу), які обертаються з різною кутовою швидкістю, та встановимо співвідношення між кутовими швидкостями секцій за якого забезпечувалася б необхідна величини розтягу ΔS_2 шару лляного вороху на цьому етапі. Припустимо, що шар лляного вороху з однієї сторони (початок шару) утримується та переміщується пальцями гребінки другої розтягувальної секції, а з іншої сторони (кінець шару) – пальцями гребінки першої розтягувальної секції. Нехай кривошини обох секцій розпочинають рух з положення $\varphi_{p.c.1} = \varphi_{p.c.2} = \varphi_0$ (рис. 2).

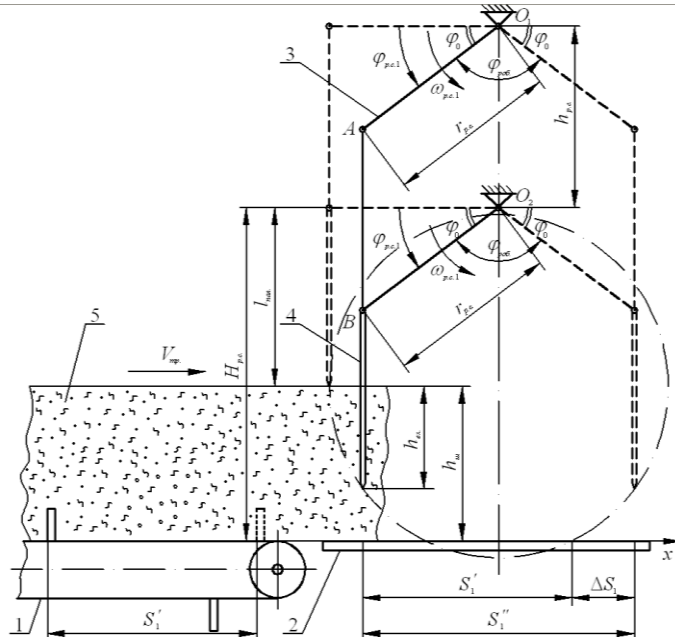


Рис. 1 – Схема до визначення кінематичних параметрів першої розтягувальної секції: 1 – подавальний транспортер; 2 – днище сепаратора; 3 – розтягувальна секція; 4 – палець; 5 – лляний ворох.

Для забезпечення розтягування шару лляного вороху на цьому етапі необхідно, щоб кутова швидкість обертання $\omega_{p.c.1}$ кривошипів першої розтягувальної секції була меншою за кутову швидкість обертання $\omega_{p.c.2}$ кривошипів другої розтягувальної секції, тобто $\omega_{p.c.1} < \omega_{p.c.2}$.

Час, за який початок шару лляного вороху пройде робочу зону другої розтягувальної секції складе $t_{роб.2} = \varphi_{роб.} / \omega_{p.c.2}$. За час $t_{роб.2}$ початок шару вороху переміститься днищем сепаратора в межах робочої зони другої розтягувальної секції на відстань $S''_2 = 2r_{p.c.} \sin(\varphi_{роб.} / 2)$.

Визначимо переміщення днищем сепаратора кінця шару вороху (вздовж осі x). Швидкість кінця шару вороху рівна горизонтальній складовій швидкості гребінки першої секції:

$$\dot{x} = V_{\text{реб.з.}} = \omega_{\text{р.с.1}} r_{\text{р.с.}} \sin(\varphi_0 + \omega_{\text{р.с.1}} t), \quad (3)$$

де t – час, с.

Інтегруючи рівняння (3), отримуємо:

$$x = -r_{\text{р.с.}} \cos(\varphi_0 + \omega_{\text{р.с.1}} t) + C, \quad (4)$$

де C – стала інтегрування.

У початковий момент при $t=0$, $x=0$, тоді $C = r_{\text{р.с.}} \cos \varphi_0$.

Підставивши значення сталої інтегрування у рівняння (4), визначимо переміщення днищем сепаратора кінця шару вороху за час $t_{\text{роб.2}}$:

$$S'_2 = r_{\text{р.с.}} \left(\cos \varphi_0 - \cos \left(\varphi_0 + \frac{\omega_{\text{р.с.1}}}{\omega_{\text{р.с.2}}} \varphi_{\text{роб.2}} \right) \right). \quad (5)$$

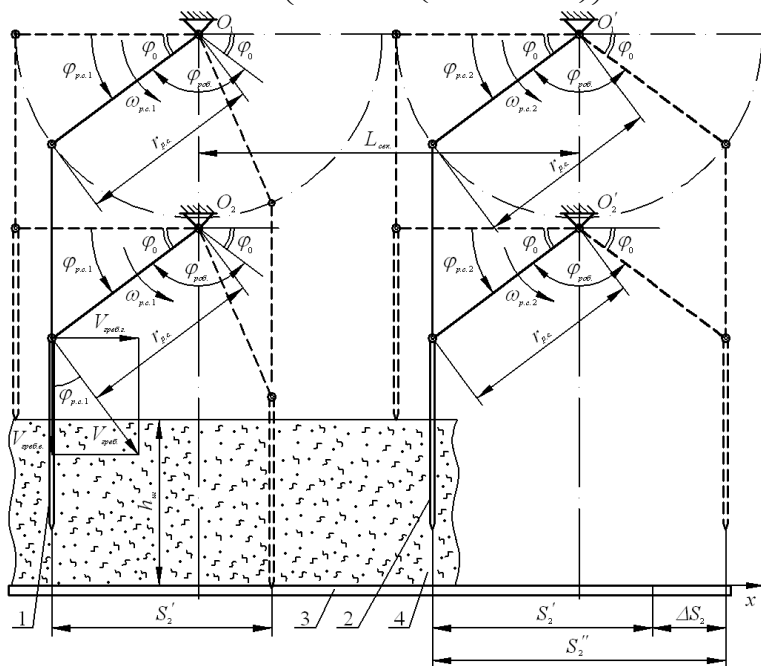


Рис. 2 – Схема до визначення кінематичних параметрів розтягувальних секцій: 1 – перша розтягувальна секція; 2 – друга розтягувальна секція; 3 – днище сепаратора; 4 – шар льяного вороху

Таким чином, величини розтягу ΔS_2 шару льяного вороху на другому етапі розтягу:

$$\Delta S_2 = S_2'' - S_2' = 2r_{p.c.} \sin\left(\frac{\varphi_{p.ob.}}{2}\right) - r_{p.c.} \left(\cos\varphi_0 - \cos\left(\varphi_0 + \frac{\omega_{p.c.1}}{\omega_{p.c.2}} \varphi_{p.ob.}\right) \right). \quad (6)$$

З виразу (6) отримаємо співвідношення між кутовими швидкостями першої та другої розтягувальних секцій за якого забезпечується необхідна величини розтягу ΔS_2 шару льяного вороху на другому етапі його розтягу:

$$\omega_{p.c.2} = \frac{\omega_{p.c.1} \varphi_{p.ob.}}{\arccos\left[\frac{\Delta S_2}{r_{p.c.}} + \cos\varphi_0 - 2\sin\left(\frac{\varphi_{p.ob.}}{2}\right)\right] - \varphi_0}. \quad (7)$$

З виразу (7) можна отримати співвідношення між кутовими швидкостями другої та третьої секцій за якого забезпечується необхідна величини розтягу ΔS_3 шару на третьому етапі:

$$\omega_{p.c.3} = \frac{\omega_{p.c.2} \varphi_{p.ob.}}{\arccos\left[\frac{\Delta S_3}{r_{p.c.}} + \cos\varphi_0 - 2\sin\left(\frac{\varphi_{p.ob.}}{2}\right)\right] - \varphi_0}. \quad (8)$$

Сумарний розтяг ΔS шару льяного вороху на всіх етапах роботи сепаратора не має призводити до його розриву. Це можливо за умови, якщо величина розтягу ΔS не перевищує довжини суплідь льону $l_{cyn.}$, оскільки плутанина льяного вороху в основному утворена з обривків суплідь і саме за рахунок зчеплення розгалужених суплідь ворох є важкороздільним. Таким чином, можна записати умову розтягу льяного вороху без його розриву $\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 \leq l_{cyn.}$

Підставляючи значення параметрів $r_{p.c.} = 0,25$ м, $V_{mp.} = 0,5$ м/с, $\Delta S_1 = \Delta S_2 = \Delta S_3 = 0,1$ м, $\varphi_{p.ob.} = 1,74$ рад. (100°), $\varphi_0 = 0,7$ рад. (40°) у залежності (2), (7) та (8), отримаємо значення кутових швидкостей кривошипів розтягувальних секцій: $\omega_{p.c.1} = 3,08$ с⁻¹; $\omega_{p.c.2} = 4,32$ с⁻¹; $\omega_{p.c.3} = 6,04$ с⁻¹.

Висновок. Отримані теоретичним шляхом залежності дозволяють обґрунтувати кінематичні параметри розтягувальних секцій сепаратора льяного вороху, за яких досягається необхідна величина розтягу шару льяного вороху.

Література

1. Дідух В.Ф. Обґрунтування конструктивних та кінематичних параметрів сепаратора льоновороху / В.Ф. Дідух, І.В.

Тараймович, І.М.Дударев // Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст. – Вип. 18. – Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛНТУ, 2009. – С. 81-92.

2. Кірчук Р.В. Розробка сепаратора вороху льону: дис... канд. техн. наук: 05.05.11 / Кірчук Руслан Васильович; Луцький держ. технічний ун-т. – Луцьк, 2001. – 198 с.

3. Тараймович І.В. Дослідження процесу переміщення вороху льону в робочій камері сепаратора / І.В. Тараймович, В.Ф. Дідух, І.М.Дударев // Науково-виробничий журнал “Легка промисловість”, №4(216) (жовтень-грудень), 2008. – С. 34-35.

Рецензент д.т.н., проф. В.Ф. Дідух