

УДК 631.530

## ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ВІДДІЛЕННЯ КАЧАНІВ КУКУРУДЗИ НА ПІККЕРНО-СТРІПЕРНИХ АПАРАТАХ

О.В.Гольдшмідт,  
О.В.Бондаренко

Аналіз відомих конструктивно-технологічних параметрів качановідокремлювальних апаратів показав, що використовувані у світовій практиці пристрої давно застаріли і в даний час не відповідають сучасному рівню агротехнічних вимог, прийнятих у вітчизняному виробництві збирання кукурудзи на зерно.

Низький технічний рівень раніше розроблювальних і досліджених у ході пошукових експериментів різних конструктивних схем качановідокремлювальних апаратів, можна пояснити недостатнім теоретичним обґрунтуванням особливостей технологічного процесу відділення качанів стріперними пластинами при протяганні стебел кукурудзи піккерними вальцями.

Розглянемо динаміку руху качана на передатній ділянці "протягання – пловодокремлення" (рис.1). При виході з зони орієнтації стебла качан не може рухатися по довільній траєкторії, оскільки він зв'язаний зі стеблом. Качан рухається під дією сили натягу  $Q$ , створюваною швидкістю протягання стебла  $V_{пр}$ , затисненого між вальцями.

Крім того, центр мас качана відхилений на довільний кут  $\Phi_0$ , що зв'язано з різними фізико-механічними характеристиками культури і динамікою зміни цих характеристик у залежності від термінів збирання.

У цьому складному русі (переносному навколо центра  $O$  і відносному уздовж стебла) він здобуває дотичне прискорення  $\overline{W}_\tau$ , нормальній  $\overline{W}_n$ , а також прискорення Коріоліса  $\overline{W}_k$  [1].

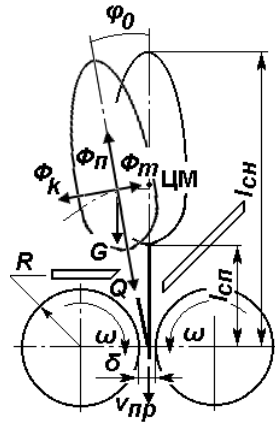


Рис. 1. Рух качана на передавальній ділянці

Для умови миттєвої рівноваги за принципом Д'Аламбера маємо [2]:

$$\overline{Q} + \overline{G} + \overline{\Phi}_n + \overline{\Phi}_\tau + \overline{\Phi}_k = 0, \quad (1)$$

де  $\overline{Q}$  — реакція натягу плодоніжки;  
 $\overline{G}$  — сила ваги качана;  
 $\overline{\Phi}_n$  — нормальна сила інерції;  
 $\overline{\Phi}_\tau$  — дотична сила інерції;  
 $\overline{\Phi}_k$  — переносна сила інерції Коріоліса.

У такий спосіб натяг стебла для будь-якого миттєвого часу є функцією від кутової швидкості качана  $\omega_n$ , довжини стебла  $l_{cn}$  і кута відхилення  $\varphi_0$ , для визначення яких досліджуємо наступну модель руху плоду на ділянці  $S$ .

Початкова довжина стебла  $l_{cn}$ , що протягається зі швидкістю протягання  $V_{np}$ , змінюється і визначиться вираженням при  $\eta = 0$ :

$$l_{cn} = l_{cn} - v_{np} \cdot t, \quad (2)$$

де  $t$  — миттєве значення часу протягування, с.

Головний момент зовнішніх сил  $M_0$  є моментом сили ваги щодо центра  $O$  і він дорівнює

$$M_0 = G \cdot l_{cn} \cdot \cos \varphi_0. \quad (3)$$

Після перетворення рівнянь одержуємо:

$$\begin{aligned} \frac{G}{g} \frac{d(l_{cn}^2)}{dt} \cdot \frac{d\varphi_0}{dt} + \frac{G}{g} l_{cn}^2 \cdot \frac{d^2\varphi_0}{dt^2} &= G l_{cn} \cos \varphi_0. \\ 2l_{cn} \frac{dl_{cn}}{dt} \cdot \frac{d\varphi_0}{dt} + l_{cn}^2 \cdot \frac{d^2\varphi_0}{dt^2} &= g l_{cn} \cos \varphi_0. \\ l_{cn} \cdot \frac{d\varphi_0}{dt} + 2 \frac{dl_{cn}}{dt} \cdot \frac{d\varphi_0}{dt} - g \cos \varphi_0 &= 0. \end{aligned} \quad (4)$$

Введемо безрозмірний аргумент  $\tau = t/t_0$ , фізичний зміст якого — частка миттєвого значення часу  $t$  від фіксованого загального часу  $t_0$ .

Використовуючи перетворення  $\tau$  для вищенаведеного рівняння одержимо:

$$(1 - \tau) \frac{d^2\varphi_0}{d\tau^2} - 2 \frac{d\varphi_0}{d\tau} - \frac{gt_0}{v_{np}} \cos \varphi_0 = 0. \quad (5)$$

Однак, це диференціальне рівняння відноситься до розряду спеціальних функцій і в загальному виді воно не інтегрується в квадратурах і тому вирішуємо його чисельним інтегруванням [3].

На підставі аналізу кінограм качановідокремлення нами, розглянуті найбільш характерні чотири варіанти технологічного процесу.

За принципом Д'Аламбера умова рівноваги качана буде:

$$\bar{Q} + \bar{G} + \bar{\Phi}_n + \bar{\Phi}_\tau = 0, \quad (6)$$

де  $\bar{Q}$  — реакція натягу плодоніжки;

$\bar{G}$  — сила ваги качана

$\bar{\Phi}_n, \bar{\Phi}_\tau$  — нормальна і дотична сили інерції.

При цьому

$$\Phi_n = \frac{G}{g} \omega^2 r_n, \quad \Phi_\tau = \frac{G}{g} r_n \frac{d\omega}{dt}.$$

Проектуючи сили на напрямок одержимо:

$$Q - \Phi_n - G \sin \alpha_0 = 0, \quad (7)$$

Звідси

$$Q = \Phi_n + G \sin \alpha_0 = \frac{G}{g} \omega^2 r_n + G \sin \alpha_0. \quad (8)$$

Підставимо значення  $\omega$  (8), тоді

$$Q = 3G \sin \alpha_0, \text{ а } Q_{max} = 3G \text{ при } \alpha_0 = \frac{\pi}{2}. \quad (9)$$

З останнього рівняння видно, що при русі качана на ділянці  $S$  до його контакту з робочою зоною стріперної пластини, зусилля, що виникає в плодоніжці недостатньо для його відриву, оскільки вага качана більш ніж у 10 разів менша зусилля відриву  $P_{раз}$  плодоніжки.

Якщо довжина ділянки  $S$  і маса качана позначаються такими, що качан устигне зайняти горизонтальне положення, а кут нахилу стріперної пластини  $\alpha_{02}$  щодо горизонталі буде  $\pi/2$ , то відбудеться центральний удар качана по стріперній пластині.

Перед ударом лінійна відносна швидкість центру мас качана  $v_r$  дорівнює:

$$v_r = \omega r_n = \sqrt{\frac{2g}{r_n} \sin \alpha_0} \cdot r_n = \sqrt{2gr_n \sin \alpha_0}. \quad (10)$$

Її максимальне значення буде при  $\alpha_0 = \rho/2$

$$v_r^{max} = \sqrt{2gr_n}.$$

Абсолютна швидкість качана перед ударом:

$$v_a = v_{np} + v_r^{max} = v_{np} + \sqrt{2gr_n}. \quad (11)$$

Кількість руху качана до удару і після нього виразимо через модулі векторів кількостей руху  $\Delta O_1$  і  $\Delta O_2$

$$K_1 = \frac{G}{g} v_a = \frac{G}{g} (v_{np} + \sqrt{2gr_n}). \quad (12)$$

$$K_2 = \frac{G}{g} v_{np} \sin \varphi_0, \quad (13)$$

де  $\varphi_0$  – кут повороту плодоніжки в момент удару, град.

### Висновки

1. Теоретичний аналіз протягання стебла пікерними вальцями в режимі сталого руху дав можливість розрахувати необхідні зусилля протягання і підтискання вальців при якому мінімізується порушення виконання технологічного процесу.

2. При теоретичному дослідженні процесу взаємодії качана зі стріперними пластинами качановідокремлювального апарата визначені чотири основних варіанти відриву качана від плодоніжки, що дозволило зробити висновок про доцільність установки однієї зі стріперних пластин під кутом.

3. В результаті теоретичних досліджень виявлена недостатність інформації про ряд механіко-технологічних властивостей рослин і качанів кукурудзи.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Гольдшмідт О.В. Изыскание, разработка и создание очистного механизма для доработки вороха сладкого перца, убранным механизированным способом: дис. канд. техн. наук 05.20.01. – Воронеж, 1989. – 194с.

2. Сахарный Н.Ф. Курс теоретической механики. – М.: Высшая школа, 1964. – 844с.

3. Корн, Т. Корн. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Наука, 1978. – 803с.