

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВІДОКРЕМЛЕННЯ КАЧАНІВ

О.В.Бондаренко, кандидат технічних наук, доцент

О.І.Ракул, магістрант

Миколаївський державний аграрний університет

Розглядаються сили, що діють на качан при ударі о стриперну пластину, виведено формули, складено програму розрахунку сил, що діють на качан.

Рассматриваются силы, действующие на початок при ударе о стрипперную пластину, выведены формулы, составлена программа расчета сил, действующих на початок.

Постановка проблеми. Кукурудза є однією з найбільш цінних культур, поживність 100 грамів зерна якої на 20-25 ккал більше, ніж у пшениці. Тому актуальними є дослідження спрямовані на вирішення проблеми недосконалості технології відокремлення качанів від листостеблової маси.

Створення сучасних високопродуктивних кукурудзозбиральних машин неможливе без всебічного вивчення процесу відокремлення качана. І якщо процес відриву без заземлення качана між поверхнями достатньо досліджено, то процес відриву, пов'язаного з ударом, не знайшов відображення в опублікованих теоретичних дослідженнях.

Мета статті. Дану статтю присвячено дослідженню процесу відокремлення качана при ударі о стриперну пластину.

Викладення основного матеріалу. На рис.1 представлено схему сил, що діють на качан при його русі на передатній ділянці.

Енергія, коли перша переходить у другу

$$Gr_n \sin \alpha_0 = \frac{G}{2g} \omega^2 r_n^2, \text{ звідки } \omega = \sqrt{\frac{2g}{r_n} \sin \alpha_0}, \quad (1)$$

де r_n — довжина качана з плодоніжкою або відстань від центра маси до точки B ;

α_0 – кут відхилення плодоніжки від вертикалі;

g – прискорення сили ваги.

За принципом Д'Аленбера умова рівноваги качана буде:

$$\bar{Q} + \bar{G} + \bar{\Phi}_n + \bar{\Phi}_m = 0, \quad (2)$$

де \bar{Q} – реакція натягу плодоніжки;

\bar{G} – сила ваги качана;

$\bar{\Phi}_n, \bar{\Phi}_m$ – нормальна й дотична сили інерції.

Проектуючи сили на напрямок \bar{Q} одержимо:

$$Q = \Phi_n + G \sin \alpha_0 = \frac{G}{g} \omega^2 r_n + G \sin \alpha_0. \quad (3)$$

Поставимо значення ω у формулу (4), тоді

$$Q = 3G \sin \alpha_0, \text{ а } Q_{\max} = 3G, \text{ при } \alpha_0 = \pi/2. \quad (4)$$

З рівняння (4) ясно, що при русі качана на ділянці S до його контакту з робочою зоною стріперної пластини зусилля, що виникають в плодоніжці, недостатні для його відриву, оскільки вага качана більш ніж в 8,25 раза менше зусилля розриву $P_{роз}$ плодоніжки.

Якщо довжина S і маса качана виявляться такими, що качан встигне зайняти горизонтальне положення, а кут нахилу стріперної пластини α_0 щодо горизонталі буде $\pi/2$, то відбудеться центральний удар качана о стріперну пластину.

Перед ударом лінійна відносна швидкість центра мас качана V_r дорівнює

$$V_r = \omega r_n = \sqrt{\frac{2g}{r_n} \sin \alpha_0} \cdot r_n = \sqrt{2gr_n \sin \alpha_0}. \quad (5)$$

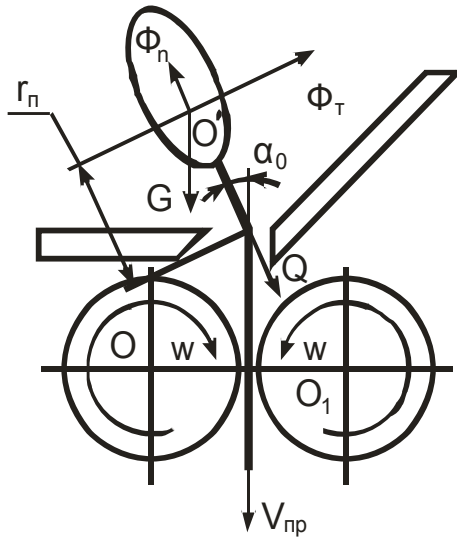


Рис.1. Схема дії сил на качан при його русі на передатній ділянці

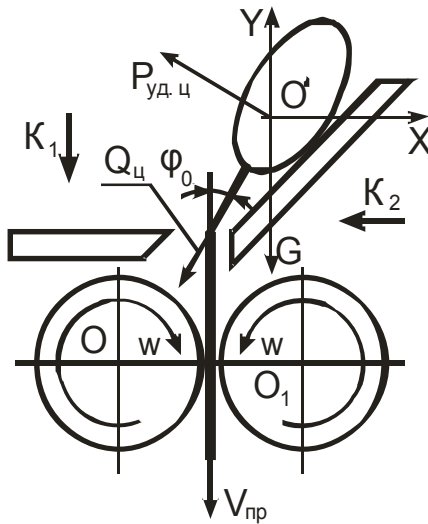


Рис. 2. Схема дії сил при центральному ударі качана

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

$$V_r^{\max} = \sqrt{2gr_n}. \quad (6)$$

Абсолютна швидкість качана перед ударом:

$$V_a = V_{np} + V_r^{\max} = V_{np} + \sqrt{2gr_n}. \quad (7)$$

Кількість руху качана до удару й після нього виразимо через модулі векторів кількостей руху K_1 та K_2 (рис.2)

$$K_1 = \frac{G}{g} V_a = \frac{G}{g} \left(V_{np} + \sqrt{2gr_n} \right), \quad K_2 = \frac{G}{g} V_{np} \sin \varphi_0, \quad (8)$$

де φ_0 – кут повороту плодоніжки в момент удару.

Згідно з теорією про зміну кількості руху

$$\bar{K}_1 - \bar{K}_2 = \left(\bar{P}_{уд.ц} + \bar{G} + \bar{T} + Q_{ц} \right) \cdot t_{уд}, \quad (9)$$

де $t_{уд}$ – час удару качана.

Проектуючи цю векторну рівність на вісі X і Y , одержимо систему двох рівнянь з двома невідомими

$$\frac{K_1}{t_{уд}} = -P_{уд.ц} + Q_{ц} \cos \varphi_0; \quad (10)$$

$$\frac{K_2}{t_{уд}} = -G + T + Q \sin \varphi_0, \quad (11)$$

де T – сила тертя ($T = P_{уд} \cdot f_3$), а f_3 – коефіцієнт тертя ковзання качана по поверхні пластини.

Вирішуючи ці рівняння, знаходимо силу натягу плодоніжки при центральному ударі:

$$Q_{\text{ц}} = \frac{\frac{1}{t_{\text{уд}}} (K_2 - K_1 f_3) + G}{\sin \varphi_0 + f_3 \cos \varphi_0}. \quad (12)$$

З рівняння (10) визначимо ударну силу при центральному ударі:

$$P_{\text{уд.ц}} = Q_{\text{ц}} \cos \varphi_0 + \frac{K_1}{t_{\text{уд}}}. \quad (13)$$

Якщо качан не зайняв до удару вертикального положення, то його удар по стріперній пластині буде косим з поворотом навколо точки А (рис.3) і зі швидкістю V_r .

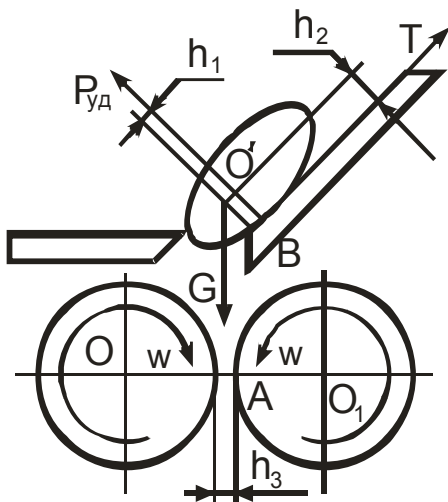


Рис. 3. Схема дії сил при косому ударі качана

Момент кількості руху щодо крапки А дорівнює

$$L_a = \frac{G}{g} \left(V_r + V_{np} \sin \alpha_0 \right) \cdot h_1, \quad (14)$$

де h_1 — відстань між точкою А і центром маси качана.

Згідно з теорією про зміну моменту кількості руху:

$$\begin{aligned} \frac{dL_a}{dt} &= \sum m(F) \text{ одержимо} \\ \frac{G}{g} h_1 \frac{d(V_r + V_{np} \sin \alpha_0)}{dt} &= -Q_k h_2 + Gh_3, \end{aligned} \quad (15)$$

де h_2 — відстань між вектором сили тертя T і віссю качана;

h_3 — відстань між вектором \bar{G} і проекцією точки А на горизонтальній площині.

Через малість часу удару $t_{уд}$ похідну можна замінити відношенням приросту, тобто

$$\frac{d(V_r + V_{np} \sin \alpha_0)}{dt} = \frac{\Delta(V_r + V_{np} \sin \alpha_0)}{\Delta t}. \quad (16)$$

При цьому $\Delta(V_r + V_{np} \sin \alpha_0) = -(V_r + V_{np} \sin \alpha_0)$, тому що в першій фазі удару проекція абсолютної швидкості убуває за час $t_{уд}$ до нуля. Тоді $\Delta t = t_{уд}$ та рівняння (16) прийме вид:

$$-\frac{G}{g} h_1 \frac{(V_r + V_{np} \sin \alpha_0)}{t_{уд}} = -Q_k h_2 + Gh_3, \quad (17)$$

з якого одержимо вираз для визначення зусилля натягу плодоніжки при косому ударі Q_k

$$Q_{\text{ц}} = \frac{\frac{G}{g} h_1 \left(\frac{V_r + V_{\text{пр}} \sin \alpha_0}{t_{\text{уд}}} \right) + Gh_3}{h_2}. \quad (18)$$

Згідно з теорією про зміну кількості руху в проекції на напрямок $\bar{P}_{\text{уд}}$ маємо:

$$\frac{G}{g} \left(V_r + V_{\text{пр}} \sin \alpha_0 \right) = \left(P_{\text{уд}} - G \cos \alpha_0 \right) \cdot t_{\text{уд}},$$

звідки одержуємо формулу для визначення сили удару $P_{\text{уд.к}}$

$$P_{\text{уд}} = \frac{G \left(V_r + V_{\text{пр}} \sin \alpha_0 \right)}{gt_{\text{уд}}} + G \cos \alpha_0. \quad (19)$$

Сам по собі удар у процесі відділення качана явище негативне тому, що може призвести до його травмування. Однак він пов'язаний з одночасним натягом плодоніжки Q , а умова відриву качана передбачає $Q \geq P_{\text{раз}}$.

Вирішуючи рівняння (18) – (19), для середніх значень ваги качана, коефіцієнта тертя і часу удару одержимо, що сила натягу плодоніжки при косому ударі Q_k вдвічі більше $Q_{\text{ц}}$, а сила при центральному ударі $P_{\text{уд.ц}}$ вдвічі більше сили при косому ударі $P_{\text{уд.к}}$:

$$Q_k \approx 2Q_c \geq P_{\text{раз}}; P_{\text{уд.к}} \approx P_{\text{уд.ц}} \quad (20)$$

Висновки. Виходячи з (20), необхідно віддати перевагу косо-му удару, з погляду зменшення пошкодження качанів від удару, тому що за великого значення $P_{\text{уд}}$ сила тертя T також збільшується.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гребенюк Г.І., Кузенко Д.В., Бондаренко О.В. Конструктивно-технологічні передумови вдосконалення качановідокремлювальних пристроїв кукуруддозбиральних машин // Вісник аграрної науки Причорномор'я. – Вип. 7. – 1999. – С. 133-137.
2. Кузенко Д.В., Бондаренко О.В., Тимошук В.Ю. Теоретичний аналіз підвищення якісних показників качановідокремлювальних апаратів кукуруддозбиральних машин // Вісник аграрної науки Причорномор'я. – Вип. 9. – 2000. – С. 136-203.