

Механізація, електрифікація

УДК 631.352
© 2012

О.Ф. Говоров,
кандидат
технічних наук

ННЦ
«Інститут механізації
та електрифікації
сільського господарства»

ОБҐРУНТУВАННЯ ПОТЕНЦІЙНОЇ ЕНЕРГОЄМНОСТІ ШАРНІРНО ЗАКРІПЛЕНОГО НОЖА РІЗАЛЬНОГО АПАРАТА

Наведено результати аналітичного визначення потенційної енергоємності шарнірно закріпленого ножа, необхідної для забезпечення робочого процесу різального апарата подрібнювача рослинних решток.

Роботоздатність подрібнювача рослинних решток з шарнірним закріпленням ножів буде забезпечена в тому разі, якщо потенційна енергоємність ножа перевищуватиме найбільш можливу енергоємність перерізування стебла рослини, оскільки за недотримання цієї умови при зустрічі ножа зі стеблом ніж обертаватиметься навколо шарніра його закріплення до тримача, а стебло перерізуватися не буде.

У роботі [2] наведено результати експериментальних досліджень енергоємності перерізування стебел сільськогосподарських культур, які показали, що енергоємність перерізування прикореневої частини стебла кукурудзи у 13 разів перевищувала енергоємності перерізування аналогічної частини стебла ріпаку, у 40 разів — стебла пшениці і в 57 разів — стебла ячменю. Тому роботоздатність подрібнювача рослинних решток буде забезпечена, якщо потенційна енергоємність шарнірно закріпленого ножа перевищуватиме енергоємності перерізування стебла кукурудзи, визначеної в роботі [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За аналітичного визначення потенційної енергії шарнірно закріпленого ножа різального апарата М.І. Карпенко [3] прийняв, що момент сили тертя в шарнірі не залежить від його діаметра і кута відхилення ножа від радіального положення, а також що під час роботи ножа відстань від осі його закріплення до лінії дії, рівнодійної сили опору, залишається постійною.

Н.В. Тудель, Я.А. Кузьмич [5] розробили складнішу аналітичну залежність для визначення енергоємності ножа, в якій за її виведення замість геометричних параметрів ножа і щільності його матеріалу використовували

масу ножа та радіус кола обертання центра його маси.

Враховуючи, що потенційна енергоємність шарнірно закріпленого ножа є визначальною за розроблення різального апарата подрібнювача рослинних решток, її необхідно визначити з максимально можливою точністю. Тому розглянемо це питання докладно.

Під час роботи різального апарата подрібнювача рослинних решток з вертикальною віссю обертання і шарнірним закріпленням ножів 4 (рисунок) його приводний вал 1 обертається з частотою, близькою до 1000 хв^{-1} , і під дією відцентрових сил, які визначаються за формулою, наведеною у праці [1], встановлюється у радіальне положення:

$$P_o = m_n \omega^2 (R + L_c), \quad (1)$$

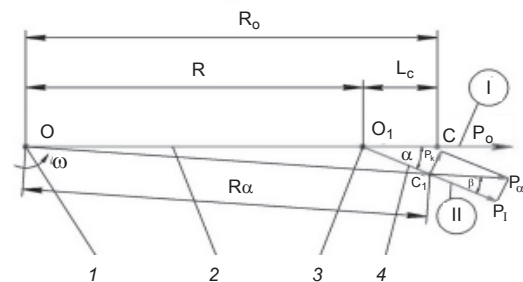


Схема різального апарата з вертикальною віссю обертання для визначення потенційної енергоємності ножа: 1 — приводний вал; 2 — тримач; 3 — шарнір закріплення ножа; 4 — ніж

де P_0 — відцентрова сила, що діє на ніж за холостого обертання апарата, Н.

При радіальному положенні I ножа 4 його центр маси С лежить на лінії радіуса R, що проходить через вісь шарніра 3 його кріплення до тримача 2, і тому відцентрова сила P_0 , яка діє на ніж, повністю зрівноважується названим вище шарніром.

При зустрічі ножа 4 зі стеблом рослини відбувається перерізування за рахунок його потенційної енергоємності, і під дією сил опору рослинних решток ножа він відхиляється від радіального розташування на кут α та займає положення II.

При цьому на перерізування стебла рослини витрачається потенційна енергоємність, яка передається від ножа 4 на стебло за рахунок його відхилення від радіального положення на кут α . Цю енергоємність можна визначити за формулою, наведеною у праці [4]:

$$E = \int_0^{\alpha} \mu_{\alpha} d\alpha, \quad (2)$$

де E — потенційна енергоємність ножа, необхідна для перерізування стебла рослини, Дж; μ_{α} — сумарний момент, який діє на ніж відносно шарніра 3 за його відхилення від радіального положення на кут α , Нм.

За відхилення ножа 4 від радіального положення на кут α нова відцентрова сила P_{α} , вектор якої діє вздовж іншого радіуса R_{α} , розкладається на дві складові сили — радіальну P_T і колову P_K .

Вектор радіальної сили $P_T = P_{\alpha} \cos \beta$, де β — кут між складовими P_T і P_K , діє вздовж середньої лінії ножа 4 і зрівноважується шарніром 3. Ця сила зумовлює силу тертя F в шарнірі 3, яка дорівнює $F = f P_T$ і виникає між ножем 4 і шарніром 3, де $f_{\text{ш}}$ — коефіцієнт тертя між матеріалами ножа 4 і шарніра 3.

Ця сила зумовлює момент тертя $\mu_{T\alpha}$ між ножем 4 і шарніром 3, який визначається із залежності:

$$\mu_{T\alpha} = \frac{P_{\alpha} f_{\text{ш}} d_{\text{ш}} \cos \beta}{2}, \quad (3)$$

де $d_{\text{ш}}$ — діаметр шарніра, м.

Даний момент чинитиме опір відхиленню ножа від радіального положення і таким чином братиме участь у перерізуванні стебла рослини.

Вектор колової сили $P_K = P_{\alpha} \sin \beta$ спрямований перпендикулярно до середньої лінії ножа і зумовлює поворотний момент $\mu_{K\alpha}$ ножа 4 навколо шарніра 3, який дорівнює:

$$\mu_{K\alpha} = P_{\alpha} L_c \sin \beta. \quad (4)$$

Цей момент спрямований проти напрямку відхилення ножа від радіального положення і забезпечуватиме перерізування стебла рослини.

Тому з урахуванням значень $\mu_{T\alpha}$ із рівняння (3) та $\mu_{K\alpha}$ із рівняння (4) сумарний момент, який діє на ніж 4 за його відхилення від радіального положення на кут α відносно шарніра 3, під час закінчення перерізування стебла рослинних решток дорівнюватиме:

$$\mu_{\alpha} = \mu_{T\alpha} + \mu_{K\alpha} = P_{\alpha} \left(\frac{f_{\text{ш}} d_{\text{ш}} \cos \beta}{2} + L_c \sin \beta \right). \quad (5)$$

Відцентрова сила P_{α} , що діє на ніж 4 за його відхилення від радіального положення на кут α , дорівнює:

$$P_{\alpha} = m_{\text{н}} \omega^2 R_{\alpha}, \quad (6)$$

де R_{α} — радіус кола обертання центра маси ножа за його відхилення на кут α , м.

Підставивши в рівняння значення R_{α} із рівняння (6), матимемо:

$$\begin{aligned} \cos \beta &= \frac{R^2 + L_c^2 + 2RL_c \cos \alpha - R^2 + L_c^2}{2L_c \sqrt{R^2 + L_c^2 + 2RL_c \cos \alpha}} = \\ &= \frac{2L_c(L_c + R \cos \alpha)}{2L_c \sqrt{R^2 + L_c^2 + 2RL_c \cos \alpha}} = \\ &= \frac{(L_c + R \cos \alpha)}{\sqrt{R^2 + L_c^2 + 2RL_c \cos \alpha}}, \end{aligned} \quad (7)$$

а

$$\begin{aligned} \sin \beta &= \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = \sqrt{1 - \frac{(L_c + R \cos \alpha)^2}{R^2 + L_c^2 + 2RL_c \cos \alpha}} = \\ &= \sqrt{\frac{R^2 + L_c^2 + 2RL_c \cos \alpha - R^2 \cos^2 \alpha - 2L_c R \cos \alpha}{R^2 + L_c^2 + 2RL_c \cos \alpha}} = \\ &= \sqrt{\frac{R^2(1 - \cos^2 \alpha)}{R^2 + L_c^2 + 2RL_c \cos \alpha}} = \\ &= \frac{R \sin \alpha}{\sqrt{R^2 + L_c^2 + 2RL_c \cos \alpha}}. \end{aligned} \quad (8)$$

Підставивши в рівняння (3) значення μ_{α} із рівняння (5), значення P_{α} із рівняння (6) та значення $\sin \beta$ і $\cos \beta$ відповідно з рівняння (7) і (8), матимемо:

$$\begin{aligned}
 E_p &= m_n \omega^2 \int_0^\alpha \sqrt{R^2 + L_c^2 + 2RL_c \cos \alpha} \left[\frac{f_{\text{ш}} d_{\text{ш}} (L_c + R \cos \alpha)}{2 \sqrt{R^2 + L_c^2 + 2RL_c \cos \alpha}} + \frac{R \sin \alpha}{L_c \sqrt{R^2 + L_c^2 + 2RL_c \cos \alpha}} \right] d\alpha = \\
 &= m_n \omega^2 \left[\frac{1}{2} f_{\text{ш}} d_{\text{ш}} (L_c \alpha + R \sin \alpha) + L_c R (-\cos \alpha) \Big|_{\alpha=0}^{\alpha=\alpha} \right] = m_n \omega^2 \left[\frac{1}{2} f_{\text{ш}} d_{\text{ш}} (L_c \alpha + R \sin \alpha) - L_c R (\cos \alpha - 1) \right] = \\
 &= m_n \omega^2 \left(\frac{f_{\text{ш}} d_{\text{ш}} L_c}{2} \alpha - \frac{f_{\text{ш}} d_{\text{ш}} R}{2} \sin \alpha - L_c R \cos \alpha + L_c R \right). \tag{9}
 \end{aligned}$$

Рівняння (9) повністю відображає суть робочого процесу ножа шарнірно закріпленого різального апарата подрібнювача рослинних

решток з вертикальною віссю обертання, що дає можливість об'єктивно визначити потенційну енергію шарнірно закріпленого ножа.

Висновки

Потенційна енергія шарнірно закріпленого ножа різального апарата подрібнювача рослинних решток зростає за збільшення маси і довжини ножа, кутової швидкості різального

апарата, діаметра шарніра закріплення ножа та коефіцієнта тертя між цим шарніром і ножем, але зменшується за збільшення радіуса обертання осі шарнірно закріплення ножа.

Бібліографія

1. Гернет М.М. Курс теоретической механики. — М.: Высшая шк., 1973. — 462 с.
2. Говоров О.Ф. До питання енергоємності перерізування стебел кукурудзи//Вісн. аграр. науки. — 2012. — № 2. — С. 80–82.
3. Карпенко М.И. К методике определения энергии резания растений ротационным копром с шарнирно подвешенным ножом//Механизация и элект-

4. Мовнин М.С., Израелит А.Б. Теоретическая механика. — Л.: Судостроение, 1971. — 344 с.
5. Тудель Н.В., Кузьмич Я.А. Определение энергии резания при малых ее значениях и больших скоростях//Механизация и электрификации соц. сел. хоз-ва. — 1976. — № 1. — С. 42.