

УДК 631.352

© О.Ф. Говоров, к.т.н.

Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»

**ВИЗНАЧЕННЯ ПОТУЖНОСТІ НА ПРИВОД ДИСКОВОГО
РОБОЧОГО ОРГАНУ ПОДРІБНЮВАЧА-РОЗПОДІЛЮВАЧА
РОСЛИННИХ РЕШТОК**

Приведено розроблену аналітичну залежність для визначення потужності на привод різального апарата.

**ПОДРІБНЮВАЧ-РОЗПОДІЛЮВАЧ, НІЖ, ДИСКОВИЙ
РОБОЧИЙ ОРГАН, ОБИЧАЙКА, ПОТУЖНІСТЬ, ПОДРІБНЕНІ
ЧАСТИНКИ, ТЕРТЯ, ШВИДКІСТЬ РУХУ.**

Постановка проблеми. Конструкція першого в країнах СНД подрібнювача-розподільвача стебел рослин з дисковим робочим органом була розроблена в ННЦ „ІМЕСГ” в 2005 році.

Причому не дивлячись на те, що машина на вимогу замовника розроблялась прискореним методом, без достатнього наукового обґрунтування, вона в 2006 році успішно пройшла приймальні

випробування (Протокол приймальних випробувань № 2-35-06 (106 2006) і в 2007 році ТОВ „Завод Краси́лівмаш” поставив на серійне виробництво під маркою ПРН-4,5 „Поділля” і вже реалізовано десятки таких машин.

Однак при експлуатаванні подрібнювачів-розподільовачів виявилось, що складно визначити потужність двигуна трактора для оптимального використання такої машини.

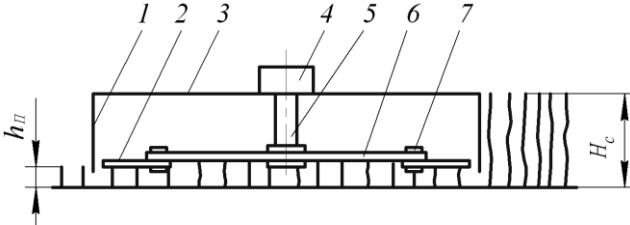


Рис.1 – Схема різального апарату подрібнювача-розподільовача з дисковим робочим органом: 1-обичайка; 2-ніж; 3-кожух; 4-редуктор; 5-вал; 6-тримач; 7-шарнір

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Автори роботи [1] в процесі експериментальних досліджень і випробувань використовували машину ПРН-4,5 з трактором класу 3 і перевантаження двигуна трактора не виявили.

Канадська фірма Schulte для подрібнювача-розподільовача S-150, який за параметрами близький до вітчизняного аналога ПРН-4,5 рекомендує в своєму проспекті [2] трактор з двигуном потужністю 65 к.с.

ТОВ „Завод Краси́лівмаш” в своєму проспекті [4] рекомендує агрегатувати подрібнювача розподільовача з трактором класу 3 (Т-150К та МТЗ-1220).

Отже відсутні науково обґрунтовані дані щодо потужності двигуна трактора для агрегування з подрібнювачем-розподільовачем ПРН-4,5.

Мета дослідження – розробити аналітичні залежності для визначення енергоємності робочого процесу подрібнювача-розподільовача стебел рослин з дисковим різальним органом.

Результати досліджень. Потужність на привод дискового робочого органа подрібнювача-розподільовача складається із таких величин:

$$N_p = N_r + N_f + N_v , \quad (1)$$

де N_{II} – потужність на привід дискового робочого органа подрібнювача-розподільювача поживних залишків, Вт; N_P – потужність на різання стебел рослин, Вт; N_f – потужність на переміщення подрібнених частинок стебел рослин по внутрішній поверхні обичайки кожуха диска, Вт; N_b – потужність для надання подрібненим частинкам стебел рослин обумовленої технологічним процесом швидкості, Вт.

Для забезпечення ефективного використання подрібнювача-розподільювача в господарстві він повинен забезпечувати подрібнення і розподілення стебел усіх рослин і їх решток, які використовуються в цьому господарстві для органічного удобрення ґрунту.

Для виконання цієї умови подрібнювач-розподільювач повинен стабільно працювати при його використанні на найбільш енергоємному об'єкті, що подрібнюється.

В переважній більшості господарств нашої країни найбільш енергоємним матеріалом, який використовується для органічного удобрення ґрунту є стерня кукурудзи, оскільки її стернини мають найбільший діаметр і твердість.

Потужність на перерізування стерні кукурудзи визначається через енергоємність одного перерізування стернини і кількості перерізувань за одиницю часу за формулою:

$$N_p = E_c n_c, \quad (2)$$

де E_c – енергоємність одного перерізування стернин, Вт; n_c – кількість перерізувань стернин за одиницю часу, шт.

Потужність одного перерізування стернини кукурудзи E_c визначається в лабораторних умовах на спеціальній установці, наприклад, маятниковому копрі, на якому перерізуються заготовлені зразки стернин кукурудзи середньої товщини і визначається потужність на одне перерізування одного зразка.

Кількість перерізувань стернин n_c за одиницю часу визначається за формулою:

$$n_c = 2B_p v_p n_a n_k, \quad (3)$$

де 2 – коефіцієнт, який враховує, що різальний апарат двохярусний; B_p – робоча ширина захвату подрібнювача-розподільювача, м; v_p – робоча швидкість подрібнювального агрегату, м/с; n_a – агротехнічна норма вирощування рослин на одиниці площі, м²; n_k – середня кількість стебел, що має одна рослина, шт..

Після підстановки значення n_c з рівняння (3) в рівняння (2) одержимо:

$$N_p = 2E_c B_p v_p n_a n_k. \quad (4)$$

Потужність на переміщення подрібнених частинок по обичайці кожуха різального органа визначається через силу тертя цих частинок по внутрішній поверхні обичайки їх швидкість переміщення по поверхні обичайки, яка близька до колової швидкості периферійних кінців різальних кромek ножів дискового різального органа і кут циліндричної поверхні обичайки.

Причому кут циліндричної поверхні обичайки φ_o необхідно виражати, як його частину від кола, тобто:

$$\varphi_o = \frac{\varphi_o^{\circ}}{360^{\circ}}, \text{ або } \varphi_o' = \frac{\varphi_o'}{2\pi}. \quad (5)$$

де φ_o – кут циліндричної частини обичайки, як частина кола; φ_o° – кут циліндричної частини обичайки, град; φ_o' – кут циліндричної частини обичайки, рад.

Тоді:
$$N_f = f_t \omega_o F_u R_o \varphi_o, \quad (6)$$

де f_t – коефіцієнт тертя подрібнених частинок стерні по внутрішній поверхні обичайки; ω_o – кутова швидкість подрібнювального диска; F_u – відцентрова сила, з якою подрібнені частинки стерні тиснуть на внутрішню поверхню обичайки визначається, через масу частинок, що проходить через обичайку за одиницю часу, кутову швидкість подрібнювального диска і радіус, що проходить через середину товщини шару частинок, що рухаються по поверхні обичайки:

$$F_u = m_q \omega_o^2 R_{ш}. \quad (7)$$

де m_q – маса частинок, що переміщуються по внутрішній поверхні обичайки за одиницю часу, кг/с; $R_{ш}$ – радіус кола, що проходить через середину товщини шару частинок подрібненої стерні, що рухається по поверхні обичайки, м;

Маса частинок стерні, що переміщується по внутрішній поверхні обичайки кожуха за одиницю часу визначаємо через масу одиниці довжини стернини і загальну довжину стерні, що подрібнюється за цей час за формулою:

$$m_q = q_c B_p v_p n_a n_c (H_c - h_n), \quad (8)$$

де q_c – маса одиниці довжини стернини, кг/м; H_c – середня висота стерні, що подрібнюється, м; h_n – висота зрізування стерні подрібнювачем-розподілювачем, м.

Радіус кола $R_{ш}$ можна визначити за формулою:

$$R_{ш} = R_o - \frac{\delta}{2}, \quad (9)$$

де δ – товщина шару подрібнених частинок що рухаються по внутрішній частині обичайки, м;

В зв'язку з тим, що при подрібненні стерні в кожух подрібнювального органа поступає порівняно невелика кількість подрібненої маси, що рухається по внутрішній поверхні обичайки, то товщина цього шару подрібнених частинок не перевищує середнього діаметра стернин, тобто $\delta \geq d_c$. Тому після підстановки в формулу (9) такого значення δ одержимо:

$$R_{ш} = R_o - \frac{d_c}{2} = R_o - R_c, \quad (10)$$

де R_c – радіус стернини середньої товщини.

Після підстановки в рівняння (7) значень m_q і $R_{ш}$ з залежностей (8) і (10) одержимо:

$$F_\theta = q_c (R_o - R_c) (H_c - h_{п}) B_p \nu_p \omega_o^2 n_a n_c. \quad (11)$$

А остаточне значення рівняння для визначення потужності на переміщення подрібнених частинок по обичайці кожуха одержимо після підстановки в рівняння (6) значення F_θ з рівняння (11):

$$N_f = q_c f_q \omega_o^3 R_o \phi_o B_p \nu_p n_a n_c (R_o - R_c) (H_c - h_{п}). \quad (12)$$

При визначенні енергоємності на надання швидкості подрібненим частинкам стерні приймається, що оскільки ці частинки переміщуються по внутрішній поверхні обичайки ножами подрібнювального диска, то їх кутова швидкість рівна кутовій швидкості подрібнювального органа (диска) ω_o , а їх колова швидкість обумовлюється і радіусом кола, що проходить через середину товщини шару частинок стерні, що рухаються по обичайці, тобто $R_{ш}$.

Тому енергоємність на надання швидкості подрібненим частинкам стерні, що рухаються по внутрішній частині обичайки, тобто $R_{ш}$.

Тому енергоємність на надання швидкості подрібненим частинкам стерні визначається за формулою:

$$N_v = \frac{m_q \omega_o^2 R_{ш}^2}{2}. \quad (13)$$

Або після підстановки значення m_q із рівняння (8) та $R_{ш}$ із залежності (10) формула для визначення потужності на надання швидкості подрібненим частинкам стерні буде мати вигляд:

$$N_v = \frac{q_c \omega_o^2 B_p \nu_p n_a n_c (H_c - h_{п}) (R_o - R_c)^2}{2}. \quad (14)$$

З урахуванням значень потужності на перерізування стерні із формули (4), потужності на переміщення подрібнених частинок стерні по обичайці із формули (12) та потужності на надання швидкості подрібненим частинкам із формул (14), формула для визначення

потужності необхідної на привод різального диска подрібнювача-розподільювача рослинних решток з вертикальною віссю обертання буде мати вигляд:

$$N_{II} = 2E_c B_p v_p n_a n_c + q_c f_q \omega_o^3 R_o \varphi_o B_p v_p n_a n_c (R_o - R_c)(H_c - h_{II}) + \frac{q_c \omega_o B_p v_p n_a n_c (H_c - h_c)(R_o - R_c)^2}{2} =$$

$$= B_p v_p n_a n_c \left\{ 2E + q_c \omega_o \left[(R_o - R_c)(H_c - h_{II}) \left(\omega_o^2 f_q R_o \varphi_o + \frac{R_o - R_c}{2} \right) \right] \right\}. \quad (15)$$

Висновки. Потужність на привод дискового робочого органа подрібнювача-розподільювача стебел рослин з вертикальною віссю обертання подрібнювального органа включає три таких складових потужностей:

- 1) потужність на перерізування стебел рослин;
- 2) потужність на переміщення подрібнених стебел по внутрішній поверхні обичайки кожуха;
- 3) потужність на надання подрібненим частинкам стебел технологічної обумовленої швидкості.

Література

1. Говоров О.Ф., Польовий Б.П., Левчук М.С. Подрібнювач рослинних решток ПР-4,5 // Аграрна наука-виробництво. Науково інформаційний бюлетень завершених наукових розробок НААН. – № 1. – 2010. – С.26.
2. Подрібнювач-розподільювач рослинних решток S-150 // Проспект фірми Schulte (Канада).
3. Подрібнювач рослинних решток ПРН-4,5 „Поділля” // Проспект ТОВ „Завод Красилівмаш” (Хмельницька обл.).

Рецензент д.с.-г.н. М.К. Лінник