

УДК 631.352

АНАЛІТИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ПОТУЖНОСТІ НА ПРИВІД РОТАЦІЙНОГО РІЗАЛЬНОГО АПАРАТА З ГОРИЗОНТАЛЬНОЮ ВІССЮ ОБЕРТАННЯ КОСАРКИ-ПОДРІБНЮВАЧА-НАВАНТАЖУВАЧА ЗЕЛЕНИХ КОРМІВ

*Говоров Олександр Федорович к.т.н., старший науковий співробітник
Національний науковий центр „Інститут механізації та електрифікації сільського
господарства” ННЦ «ІМЕСГ»*

Govorov O.

National scientific centre “institute for agricultural engineering and electrification” NSC «IAEE»

Анотація: розроблена аналітична залежність для визначення потужності на привід різального апарата косарки-подрібнювача-навантажувача зелених кормів, котра розглянута як сума двох потужностей – потужності на перерізування стебел рослин на частинки заданої довжини, яка обумовлюється довжиною стебел рослин і кількістю стебел на одиниці площі поля і потужності на надання подрібненому корму необхідної швидкості, яка обумовлюється висотою масопровода такої машини.

Ключові слова: косарка, подрібнювач, барабан, кожух, тримач, вал, ніж, шарнір, кутова швидкість, колова швидкість, потужність.

Постановка проблеми

Конструкція косарки-подрібнювача-навантажувача зелених кормів була скопійована радянськими інженерами ще на початку шестидесятих років минулого століття і широкого використовується в сільськогосподарському виробництві. Однак наукове обґрунтування конструкції цієї машини поки що не зроблено і тому намагання покращити її конструкцію (розробка машин КІР-1,2 і КДІ-1,8, [1]) чи розширити функціональні можливості (модернізована машина КІР-1,8, [2]) завершуються невдачами.

Аналіз досліджень і публікації

Автор роботи [3] вважає, що при роботі косарки-подрібнювача-навантажувача тільки 70% енергії, що споживається різальним барабаном, витрачається на перерізування стебел рослин, хоча таке співвідношення можливе лише при пропорційності твердості стебел рослин і їх об'ємної маси, яка в реальних рослинах відсутня. Наприклад, в кукурудзи на перерізування стебел витрачається значно більший відсоток енергії ніж у люцерни.

Автор цієї ж роботи запропонував для розрахунку потужності, що споживається різальним барабаном на перерізування стебел таку формулу:

$$P = \frac{W\tau D}{S\rho}, \quad (1)$$

де P – потужність на подрібнення стебел, Вт;

W – продуктивність різального барабана, кг/с;

D – діаметр різального барабана, м;

τ – напруження різання стебел, Па;

S – загальна площа перерізаних стебел за одиницю часу, $\frac{m^2}{c}$;

ρ – щільність подрібненої маси, $\frac{kg}{m^3}$.

В рівнянні (1) значний сумнів викликає те, що при збільшенні площі перерізаних стебел

затрати потужності на їх подрібнення зменшуються. Крім того, не зрозуміло, як може щільність, подрібненої маси впливати на енергоємність її подрібнення.

Автор роботи [4] досліджував енергоємність робочого процесу подрібнювального барабана з горизонтальною віссю обертання при подрібненні стебел кукурудзи на кукурудзозбиральному комбайні ККХ-3. Він суб'єктивно не виділяв якусь одну частину робочого процесу, а розділив енергоємність подрібнювального барабана на дві стадії: енергоємність перерізування стебел кукурудзи і енергоємність на надання швидкості подрібненим частинкам стебел.

Однак робочий процес косарки-подрібнювача-навантажувача зелених кормів суттєво відрізняється від робочого процесу подрібнювального апарата кукурудзозбирального комбайна і тому одержані автором роботи [4] аналітичні залежності не можуть бути використані при розробленні конструкції косарки-подрібнювача-навантажувача зелених кормів.

Мета наукової роботи – розробити аналітичні залежності для визначення енергоємності робочого процесу різального барабана косарки-подрібнювача-навантажувача зелених кормів.

Результати досліджень

При роботі косарки-подрібнювача-навантажувача потужність використовується на скошування і подрібнення стебел рослин та на надання швидкості відрізанам частинкам стебел, тобто:

$$N_K = N_P + N_D, \quad (2)$$

де N_K – потужність на привід різального апарата косарки-подрібнювача-навантажувача, Вт;

N_P – потужність на скошування і перерізування стебел рослин, Вт;

N_D – потужність на надання необхідної швидкості відрізанам частинкам стебел, Вт.

Для забезпечення стабільної роботи косарки-подрібнювача-навантажувача при заготівлі зелених кормів, з усіх можливих сільськогосподарських культур, енергоємність її робочого процесу необхідно розраховувати при використанні цієї машини на найбільш енергоємній культурі.

З усіх культур, які в господарствах нашої країни використовуються на зелений корм, найбільш енергоємною є кукурудза, оскільки її стебла вирізняються найбільшою твердістю і висотою.

Потужність на перерізування таких рослин визначається через енергоємність одного перерізування стебла і кількості перерізувань за одиницю часу.

При цьому необхідно враховувати, що товщина стебла кукурудзи майже пропорційно зменшується по мірі віддалення його поперечного перерізу від поверхні ґрунту. Тому експериментальним способом необхідно визначити енергоємність перерізування стебла в його прикореневій частині, тобто в тому поперечному перерізі де відбувається скошування стебла та при вершині стебла і визначити середнє значення.

При цьому необхідно враховувати, що при роботі цієї косарки стебла рослин 1 пригинаються передньою частиною кожуха 2 (рис.) і перерізуються в пригнутому стані. Тому відбувається не поперечне різання стебел, а косе під кутом θ до осі стебла, причому енергоємність косого різання суттєво відрізняється від поперечного.

Значення кута θ визначається із трикутника ABC (рис.), з якого

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{AC}{BC}, \text{ а } \theta = \operatorname{arctg} \frac{AC}{BC}. \quad (3)$$

Причому відрізки AC і BC - це характеристики взаєморозміщення елементів цієї машини. AC - це відстань від різальної кромки ножа 6, яка знаходиться в крайньому нижньому положенні, до горизонтальної площини, яка проходить через вісь обертання вала 8, а BC – відстань від передньої точки кожуха 2 різального барабана до вертикальної площини, що проходить через вісь обертання вала 8.

Тому при визначенні експериментальним способом енергоємності перерізування стебел, зразки цих стебел в тримачі необхідно закріплювати так, щоб кут між площиною різання і віссю стебла дорівнював θ .

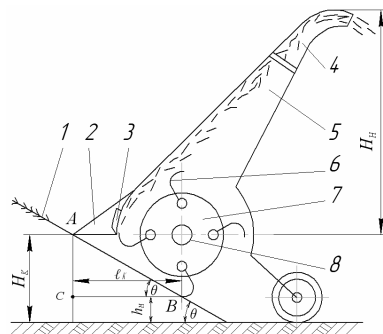


Рис. Схема робочого процесу косарки-подрібнювача-навантажувача:
1-стебло рослини; 2-кожух; 3-протиризальний упор; 4-поворотний масопровід; 5-нерухомий масопровід; 6-ніж; 7-тримач; 8-вал

З урахуванням вищенаведеного, розрахункова енергоємність одного перерізування стебла цією косаркою визначається за формулою:

$$E_K = \frac{E_{\theta \min} + E_{\theta \max}}{2}, \quad (4)$$

де E_K – розрахункова енергоємність одного перерізування стебла косаркою-подрібнювачем-навантажувачем, Вт;

$E_{\theta \min}$ – енергоємність перерізування стебла кукурудзи при його вершині під кутом θ до його осі, Вт;

$E_{\theta \max}$ – енергоємність перерізування стебла кукурудзи на поперечному перерізі його скошування під кутом θ до осі стебла, Вт.

При цьому потужність на перерізування стебел кукурудзи визначається за формулою:

$$N_P = E_K n_K, \quad (5)$$

де n_K – кількість перерізів стебел кукурудзи і відрізанних їх частинок за одиницю часу, c^{-1} ;

Кількість перерізів стебел рослин і відрізанних їх частинок за одиницю часу визначається через площу поля, на якій скошуються рослини за цей же час, кількість рослин, що вирощуються на одиниці площі, кількість стебел, що має кожна рослина, середню довжину стебла і довжину подрібнених частинок, тобто:

$$n_K = \frac{B_P v_P n_a n_c L_c}{l_{\text{ч}}}, \quad (6)$$

де B_P – робоча ширина захвату машини, м;

v_P – робоча швидкість збирального агрегату, м/с;

n_c – агротехнічна норма вирощування рослина на m^2 , m^{-2} ;

L_c – середня довжина скошеного стебла рослини, м;

$l_{\text{ч}}$ – середня довжина подрібненої частинки стебла, м.

Довжина частинки $l_{\text{ч}}$, що відрізується ножом подрібнювального барабана від пригнутого його кожухом під кутом θ до поверхні ґрунту стебла рослини, залежить від швидкості руху подрібнювального агрегату, інтервалу часу між двома циклами роботи ножа і кута θ нахилу рослин, тобто:

$$l_{\text{ч}} = \frac{v_P t_{\text{ч}}}{\text{tg} \theta}, \quad (7)$$

де v_P – робоча швидкість агрегату, м/с;

$t_{\text{ч}}$ – інтервал між двома циклами роботи ножів, с.

Інтервал між двома циклами роботи ножів визначається за формулою:

$$t_y = \frac{2\pi}{\omega_6 K_P}, \quad (8)$$

де ω_6 – кутова швидкість подрібнювального барабана, c^{-1} .

K_P – кількість рядів ножів на барабані.

Після підстановки значення t_y з залежності (8) в залежність (7) одержимо:

$$\ell_y = \frac{2\pi v_P}{\omega_6 K_P \operatorname{tg} \theta}. \quad (9)$$

А після підстановки значення ℓ_y із рівняння (9) в рівняння (6) одержали:

$$n_K = \frac{L_c B_P \nu_P \omega_6 K_P n_a n_c \operatorname{tg} \theta}{2\pi \nu_P} = \frac{L_c B_P \omega_6 K_P n_a n_c \operatorname{tg} \theta}{2\pi}. \quad (10)$$

Рівняння для визначення потужності на скошування і подрібнення стебел рослин одержали після підстановки в залежність (5) значення n_K із рівняння (10).

$$N_P = \frac{E_K L_c B_P \omega_6 K_P n_a n_c \operatorname{tg} \theta}{2\pi}. \quad (11)$$

При визначенні потужності на надання необхідної швидкості відрізанним частинками стебел приймається, що оскільки в момент відрізування частинка, що відділяється від стебла знаходиться на ножі, то вона набуває кутової швидкості рівної кутовій швидкості подрібнювального барабана, тобто ω_6 , а в момент злітання під дією відцентрових сил цієї частинки з ножа вона перетинає його лезо і тому колова швидкість цих частинок дорівнює колівій швидкості леза ножа, тобто:

$$v_y = \omega_6 R_P, \quad (12)$$

де v_y – колова швидкість відрізанних частинок стебла, м/с;

R_P – радіус кола обертання різальної кромки ножа, м;

Тому енергоємність на надання швидкості відрізанним частинками визначається за відомою формулою:

$$N_D = \frac{m_y \omega_6^2 R_K^2}{2}, \quad (13)$$

де m_y – маса частинок, що розганяються ножами барабана до швидкості v_y за одиницю часу, кг/с;

Причому, оскільки в косарках-подрібнювачах-навантажувачах відрізані від стебел частинки по масопроводах 4 і 5 піднімаються уверх на висоту H_M , то одержана швидкість відрізанних частинок повина бути такою, щоб одержаної ними енергії вистачило для того, щоб частинки піднялись на висоту H_M , тобто:

$$\frac{m_y \omega_6^2 R_K^2}{2} \geq m_y g H_M, \quad (14)$$

де g – прискорення вільного падіння, m/c^2 ;

H_M – відстань від найвищої точки поворотного масопроводу 4 до горизонтальної площини, що проходить через різальну кромку протирізального упора 1.

Масу частинок m_y можна визначити за формулою:

$$m_y = q_c L_c B_P v_P n_a n_c, \quad (15)$$

де q_c – середня маса одиниці довжини стебла кукурудзи, кг/м;

Після підстановки в рівняння (13) значення m_y із рівняння (15) одержали:

$$N_D = \frac{q_c L_c B_P R_K^2 v_P \omega_6^2 n_a n_c}{2}, \quad (16)$$

Остаточную формулу для визначення розрахункової потужності для забезпечення робочого процесу косарки-подрібнювача-навантажувача одержали після підстановки в рівняння (2) значення N_P із рівняння (11) і значення N_b із рівняння (16):

$$N_K = \frac{B_P L_c v_P n_a n_c}{\ell_q} + \frac{B_P L_c v_P q_c n_a n_c}{2} = B_P L_c v_P n_a n_c \left(\frac{1}{\ell_q} + \frac{q_c}{2} \right). \quad (17)$$

Висновки

Потужність на привід подрібнювального барабана косарки-подрібнювача-навантажувача складається із потужності на перерізування стебел рослин і надання відрізанним частинкам необхідної швидкості, причому швидкість цих частинок повинна бути такою, що б одержаної кінетичної енергії було достатньо для забезпечення їх підняття на висоту найвищої точки масопроводу.

Список літератури

1. Пожарский В.К. Роторные косилки-измельчители / В.К. Пожарский, А.Н. Сердечный. – М.: Колос, 1965. – 39с.
2. Бакчеев В.Е. Оптимизация параметров режущего аппарата косилки-измельчителя / В.Е. Бакчеев // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2001. - №3. – С. 30
3. Мохнаткин В.Г. Результаты испытаний модернизированной косилки-измельчителя / В.Г. Мохнаткин, В.Н. Шулятьев, Л.В. Тючков, Д.Ю. Красиков // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2004. - №7. – С. 13-14.
4. Комаров Л.И. Исследование измельчающего аппарата с пневмошвыряющим устройством / Л.И. Комаров. – 1961. - №4. – С. 16-19.

References

1. Pozharskiy V.K. Rotornyye kosilki-izmel'chiteli / V.K. Pozharskiy, A.N. Serdechnyy. - M.: Kolos, 1965. - 39s.
2. Bakcheyev V.Ye. Optimizatsiya parametrov rezhushchego apparata kosilki-izmel'chitelya / V.Ye. Bakcheyev // Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny. - 2001. - №3. - S. 30
3. Mokhnatkina V.G. Rezul'taty ispytaniy modernizirovannoy kosilki-izmel'chitelya / V.G. Mokhnatkina, V.N. Shulyat'yeva, L.V. Tyuchkov, D.YU. Krasikov // Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny. - 2004. - №7. - S. 13-14.
4. Komarov L.I. Issledovaniye izmel'chayushchego apparata s pnevmoshvyryayushchim ustroystvom / L.I. Komarov. - 1961. - №4. - S. 16-19.

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ НА ПРИВОД РОТАЦИОННОГО РЕЖУЩЕГО АППАРАТА С ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ОСЬЮ ВРАЩЕНИЯ КОСИЛКИ-ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ- ПОГРУЗЧИКА ЗЕЛЕНЬ КОРМОВ

Аннотация: разработана аналитическая зависимость для определения мощности на привод режущего аппарата косилки-измельчителя-погрузчика зеленых кормов, которая рассмотрена как сумма двух мощностей – мощности на перерезания стеблей растений на частицы заданной длины, которая обусловлена длиной стеблей растений и количеством стеблей на единице площади поля и мощности на придание измельченному корму необходимой скорости, которая обуславливается высотой массопровода такой машины.

Ключевые слова: косилка, измельчитель, барабан, кожух, держатель, вал, нож, шарнир, угловая скорость, круговая скорость, мощность.

ANALYTICAL DETERMINATION POWER TO DRIVE ROTARY CUTTING MACHINE HORIZONTAL-AXIS MOWER-IZMELCHITELYA- LOADER GREEN FODDER

Summari: an analytical dependence for determining the power to drive the mower-shredder-loader green fodder, which is considered as the sum of dvoch capacity - power cutting plant stems to the particles of a given length, which is due to the length of the stems of plants and the number of stems per unit area of the field and power giving crushed aft necessary speed, which is determined by the height of such a machine stock lines.

Keywords: mower, chopper, drum, housing, a holder, shaft, knife, joint, angular velocity, circular velocity, power.