

УДК 631.352

О. Govorov, candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, National Scientific Center «Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture» of the NAAN of Ukraine

ANALYTIC DETERMINATION MASSES HINGEDLY FASTEN CHOPPER DISC CUTTING APPARAT

Annotation. The analysis workflow disk cutting machine articulated fixing knives, which implies that its workflow significantly depends on the weight of the knife. If insufficient weight knife crop residues such as corn stubble can not can't do, and when his excessive weight rapidly wears his cutting edge of the knife when encountering subjects with high hardness. To determine the optimal weight of the knife used by the law of conservation of energy, whereby energy which can be transferred to the cutting edge of the knife stem plants is the difference of the kinetic energy of the moving blade, which is by the radial position (E_0) and by its deviation from the radial position at an angle α (E_α), that is $E_p = E_0 - E_\alpha$ and if this energy is not lower energy consumption stems, it will pererizuvatys knife. Based on this analysis depends designed to determine the optimal weight at which the knife pererizuvannya stems all crops and weeds and minimally damaged cutting edge of the knife when encountering subjects

Keywords: chipper-distributor, mowing-machine, cutting apparatus, holder, cutter hinge, kinetic energy, mass knife, angled speed.

О.Ф. Говоров, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Національного наукового центру «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» Національної академії аграрних наук

АНАЛІТИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ МАСИ ШАРНІРНО ЗАКРІПЛЕНОГО НОЖА ДИСКОВОГО РІЗАЛЬНОГО АПАРАТА

Наведені математичні залежності для визначення оптимальної маси ножів дискового ротаційного різального апарата з шарнірним закріплення ножів. Енергетична здатність ножа зростає при збільшенні його маси, кутової швидкості різального апарата, радіуса кола обертання осі шарніра закріплення ножа, його довжини і зменшується при збільшенні кута його відхилення від радіального положення.

Ключові слова: подрібнювач-розподільувач, сінокосарка, різальний апарат, тримач, ніж, шарнір, кінетична енергія, маса ножа, кутова швидкість.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Характерною особливістю ротаційних дискових різальних апаратів з шарнірним закріпленням ножів є безпідірне скошування рослин ножами. Тому при використанні таких різальних апаратів на сінокосярках порушення робочого процесу не спостерігалось, оскільки стебла трав мають низьку твердість і тому при будь-якій масі ножів забезпечувалось їх скошування.

Але в останні роки на полях нашої країни використовуються нові машини – подрібнювачі-розподілювачі, які забезпечують скошування, подрібнення і рівномірне розподілення по поверхні ґрунту подрібнених стебел рослин – сидератів і пожнивних залишків – стерні, в тому числі і кукурудзи, та бур'янів. Причому стернини кукурудзи вирізняються великим діаметром і твердістю.

Тому при розробленні таких машин у конструкторів виникли певні труднощі, суть яких полягає в тому, що при недостатній масі ножів подрібнювача-розподілювача навіть при оптимальній їх колійній швидкості, в момент зустрічі ножа зі стерниною кукурудзи він повертається навколо шарніра його закріплення на 90°, а стернина залишається не подрібненою, причому при надмірній масі ножа така стерня подрібнюється, але при зустрічі ножа з предметом високої твердості відбувається інтенсивне руйнування різальної кромки.

Тобто, неприйнятна як недостатня маса ножа, так і зайва, а як визначити її оптимальне значення – методика відсутня.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми. Не дивлячись на широке впровадження у сільськогосподарське виробництво подрібнювачів-розподілювачів, автору статті не вдалося відшукати публікацій щодо аналітичної оптимізації їх параметрів і режимів роботи.

Тому при розробленні в ННЦ «ІМЕСГ» експериментального зразка подрібнювача-розподілювача пожнивних залишків ПР-4,5 [1] було виготовлено п'ять комплектів ножів різної маси і кращий варіант ножа визначався шляхом випробувань. Тобто, маса ножа визначалась давно відомим методом проб і помилок.

де E_o – максимально можливий запас кінематичної енергії ножа при його радіальному розміщенні, Дж;

m_n – маса ножа, кг;

ω – кутова швидкість різального апарата, с.⁻¹;

R_o – радіус кола обертання центра маси ножа при його радіальному положенні, м.

Із рисунка

$$R_o = OD = R + \frac{l_H}{2}, \quad (2)$$

де R – радіус кола обертання осі шарніра закріплення ножа, м;

l_H – довжина робочої частини ножа, м.

Після підстановки значення R_o з рівняння (2) в рівняння (1) одержимо:

$$E_o = \frac{m_n \omega^2 \left(R + \frac{l_H}{2} \right)^2}{2}. \quad (3)$$

Після зустрічі ножа різального апарата зі стеблами рослин вони перерізуються і під дією реакції стебел на ніж він відхиляється від радіального положення на кут α . У результаті цього радіус кола обертання центра маси ножа зменшується і дорівнює $R_\alpha = OB$, значення якого визначаємо з прямокутного трикутника OBC (рис. 1):

$$R_\alpha = OB = \sqrt{OC^2 + BC^2}. \quad (4)$$

Із рисунка 1 $OC = OA + AC$, причому $OA = R$, $AC = AB \cos \alpha = \frac{l_H}{2} \cos \alpha$, а $BC = AB \sin \alpha = \frac{l_H}{2} \sin \alpha$. Після підстановки в рівняння (4) значень OC і BC одержимо:

$$R_\alpha = \sqrt{\left(R + \frac{l_H}{2} \cos \alpha \right)^2 + \frac{l_H^2 \sin^2 \alpha}{4}}. \quad (5)$$

У результаті зменшення радіуса кола обертання центра маси ножа при його відхиленні від радіального положення на кут α запас його кінетичної енергії також зменшується і буде дорівнювати:

$$E_{\alpha} = \frac{m_n \omega^2 \left[\left(R + \frac{l_H \cos \alpha}{2} \right)^2 + \frac{l_H^2 \sin^2 \alpha}{4} \right]}{2}. \quad (6)$$

Виходячи із закону про збереження енергії, енергетична здатність ножа і відповідно енергоємність перерізування стебел рослин буде дорівнювати різниці кінетичної енергії, яку мав ніж при радіальному положення і при його відхиленні від радіального положення на кут α , тобто:

$$\begin{aligned} E_p = E_o - E_{\alpha} &= \frac{m_n \omega^2 \left(R + \frac{l_H}{2} \right)^2}{2} - \frac{m_n \omega^2 \left[\left(R + \frac{l_H \cos \alpha}{2} \right)^2 + \frac{l_H^2 \sin^2 \alpha}{4} \right]}{2} = \\ &= \frac{m_n \omega^2}{2} \left(R^2 + Pl_H + \frac{l_H^2}{4} - R^2 - Rl_H \cos \alpha - \frac{l_H^2 \cos^2 \alpha}{4} - \frac{l_H^2 \sin^2 \alpha}{4} \right) = \\ &= \frac{m_n \omega^2}{2} \left\{ Rl_H (1 - \cos \alpha) + \left[\frac{l_H^2}{4} (1 - (\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha)) \right] \right\} = \\ &= \frac{m_n \omega^2 Rl_H (1 - \cos \alpha)}{2}, \end{aligned} \quad (7)$$

де E_p – енергоємність перерізування стебел рослин.

Із рівняння (7) маса ножа дорівнює:

$$m_n = \frac{2E_p}{\omega^2 Rl_H (1 - \cos \alpha)}. \quad (8)$$

Для визначення маси ножа через його лінійну швидкість використаємо відому залежність:

$$\omega = \frac{v_H}{R + \frac{l_H}{2}}, \quad (9)$$

де v_H – колова швидкість ножа, м/с.

Після підстановки значення ω із залежності (9) в рівняння (8) одержимо:

$$m_n = \frac{2E_p \left(R + \frac{l_n}{2} \right)^2}{v_n^2 R l_n (1 - \cos \alpha)}. \quad (10)$$

Значення E_p визначається експериментально, шляхом перерізування найбільш енерговитратних стебел рослин на лабораторній установці.

Радіус кола обертання осі шарніра закріплення ножа вибирається конструктивно і для ротаційних сінокосарок його величина близька до 0,4 м, а для подрібнювачів-розподільювачів – близька до 1,2 м.

Максимальний кут відхилення ножа від радіального положення $\alpha = 45^\circ$.

Згідно з результатами експериментальних досліджень і досвіду експлуатування машин з ротаційними дисковими різальними апаратами, наведеними в роботах [3-5], для забезпечення безпідпiрного скошування сільськогосподарських культур і бур'янів колова швидкість їх ножів повинна бути не меншою 80 м/с, тобто $v_n \geq 80$ м/с.

При цьому для забезпечення скошування усіх рослин по ширині захвату машини, згідно з роботою [3], повинна виконуватись така умова:

$$l_n \geq \frac{2\pi v_a \left(R + \frac{l_n}{2} \right)}{z v_n}, \quad (11)$$

де v_a – максимально допустима швидкість роботи агрегату, яка вибирається залежно від вирівняності поверхні поля і амортизаційної здатності трактора і, як правило, вона не перевищує 10 км/год., тобто $v_a = 2,8$ м/с.;

Z – кількість ножів одного яруса, яка вибирається конструктивно і, як правило, $Z = 2$.

Висновки. 1. При роботі ротаційного дискового різального апарата енергетична здатність ножа, яка забезпечує перерізування стебел рослин, дорівнює різниці кінетичної енергії ножа, яку

він має при радіальному положенні (E_o) і при його відхиленні від радіального положення на кут α (E_α).

2. Енергетична здатність ножа зростає при збільшенні його маси, кутової швидкості різального апарата, радіуса кола обертання осі шарніра закріплення ножа, його довжини і зменшується при збільшенні кута його відхилення від радіального положення.

3. Для аналітичного визначення оптимальної маси ножа придатні формули (8) і (10).

Список використаних джерел

1. Говоров О.Ф., Польовий Б.П., Левчук М.С. // Аграрна наука – виробництво. Науково-інформаційний бюлетень завершених наукових розробок НААН. – 2010. – № 1. – С. 26.

2. Подрібноувач рослинних решток ПРН-4,5 «Поділля» // Проспект ТОВ «Завод Красилівмаш».

3. Фомин В.И. Исследование бесподпорного среза трав // Труды ВИСХОМ. – М.: ОНТИ, 1962. – Вып. 39. – С. 3-56.

4. Bann T., Ogawa T. Studies on the gutting every of the rotay mover. // I. Soc. Agr. Mach. – Japan. – 1989. – № 4. – S. 524-529 (англ.).

5. Randal D. Nulty P. Imakt cutting behavior of Forage Irops // Journal of Agricultural Engineersing Research. – 1990. – № 3. – S. 313-338 (англ.).

Аннотация. Приведен анализ рабочего процесса ротационного режущего аппарата, из которого вытекает, что энергоспособность ножа такого режущего аппарата, которая обеспечивает перерезание стеблей растений, равняется разности кинетической энергии движущегося ножа, которую он имеет при радиальном положении (E_o) и при его отклонении от радиального положения на угол α (E_α), то есть ($E_p = E_o - E_\alpha$); разработана аналитическая зависимость для определения оптимальной массы ножа, при которой обеспечивается перерезание стеблей сельскохозяйственных культур и сорняков, а также минимально повреждается режущая кромка ножа при его соударении с предметами высокой твердости.

Ключевые слова: измельчитель-распределитель, сенокосилка, режущий аппарат, держатель, нож шарнир, кинетическая энергия, масса ножа, угловая скорость.