

УДК 633.63:631.35

ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ КОПІРНО-РОТОРНОГО ГИЧКОЗРІЗУВАЛЬНОГО АПАРАТА*

А.М. Борис, асп.
НУБіП України

Наведено результати теоретичних досліджень коливань лопатей копірно-роторного гичкозрізувального апарата. Визначено період і кругову частоту коливань лопаті.

Ключові слова: *коренеплід, головка коренеплоду, гичка, лопать ротора, копірно-роторний гичкозрізувальний апарат.*

Постановка проблеми. Найбільш раціональним способом відокремлення гички є копірний зріз. Відомі гичкозрізувальні апарати активного типу забезпечують якісний зріз гички при поступальних швидкостях не більше 1,5 м/с. Коренезбиральні машини можуть працювати при швидкостях 2...2.5 м/с. Така неузгодженість за робочими швидкостями створює технологічну несумісність гичкозрізувальних і викопуючих робочих органів. Рішення цієї проблеми можливе шляхом створення нового високоефективного і високопродуктивного копірно-гичкозрізувального апарата.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Нами проведено теоретичне дослідження комбінованого способу відокремлення гички і обґрунтовано раціональний діапазон копірного зрізу [1]. Копірним зрізом доцільно зрізати головки коренеплодів, що виступають 30...60 мм над рівнем ґрунту. Головки коренеплодів, висота виступання яких менша 30 мм і більша 60 мм, необхідно зрізати безкопірним зрізом. Така технологія зрізу гички практично реалізована у більшості бурякозбиральних комбайнів іноземних фірм. Проводиться безкопірний зріз роторним гичкорізом основної маси гички та головок коренеплодів, що високо виступають над рівнем ґрунту. Також пасивним дообрізчиком виконується безкопірний зріз головок коренеплодів, висота виступання яких не перевищує початкового вертикального зазору. Коренеплоди із середньою висотою виступання головок дообрізаються пасивним

* Науковий керівник – академік НААН В.М.Булгаков.

копірним дообрізчиком із зворотною вертикальною поправкою. Враховуючи дані дослідження, нами вперше запропонована конструкція копірно-роторного гичкозрізувального апарата (рис.1).



Рис.1. Копірно-роторний гичкозрізувальний апарат

Робочий орган представляє собою горизонтальний ротор з віссю обертання, що направлена вздовж рядка. На валу жорстко закріплений металевий диск, до якого шарнірно закріплено 16 капронових лопатей, на кінцях яких встановлено ножі. Кут відхилення лопатей обмежений і становить $40...50^\circ$ до площини диска. При наїзді на головку коренеплоду кожна лопать відхиляється від площини обертання і за допомогою спеціального упору відхиляє наступну лопать. Таким чином, взаємодіючи із головою коренеплоду, лопаті очищують її вершину від гички, яка потім з рештками гички дообрізається ножами, що розташовані на кінцях лопатей. При попередньому безкопірному зрізі високовиступаючих коренеплодів і гички даний робочий орган виконує безкопінний зріз низьковиступаючих коренеплодів і копінний зріз коренеплодів середнього діапазону висот виступання. При максимальній висоті виступання головок коренеплодів над рівнем ґрунту до 80 мм можливо проводити зріз гички без попереднього безкопінного зрізу високовиступаючих коренеплодів (рис.1).

Постановка завдання. Процес взаємодії робочого органу з головками коренеплодів носить циклічний характер. Тому важливою умовою роботоздатності робочого органу є відновлення кожною лопаттю свого початкового положення перед наступною взаємодією з коренеплодом. Для обґрунтування раціональних параметрів робочого органу необхідно визначити залежність періоду і кругової частоти коливань

лопаті від її конструктивно-технологічних параметрів.

Виклад основного матеріалу. Розглянемо робочий орган, що складається із вала, на якому жорстко закріплена маточина у вигляді диска і приєднаних до нього за допомогою циліндричних шарнірів прямих лопатей (рис. 2). Введемо праві прямокутні системи координат: $OXYZ$ – інерціальна система координат, пов'язана з геометричним центром маточини, і $Oxyz$ – рухома система координат, що жорстко зв'язана з валом ротора. Осі OY і Oy

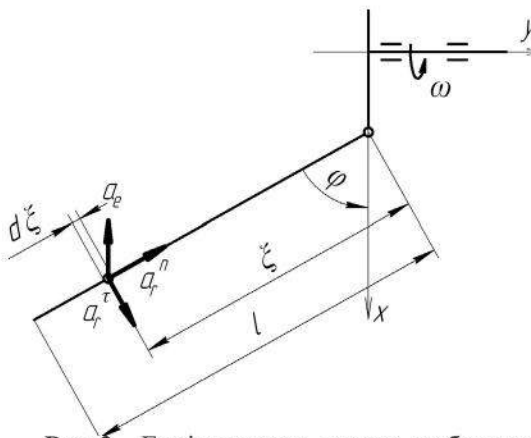


Рис.2. Еквівалентна схема робочого органу

сумісними з віссю обертання ротора, вісь Ox – з поздовжньою віссю лопаті у не відхиленому стані (кут відхилення лопаті $\varphi = 0$).

Ротор обертається з кутовою швидкістю $\omega = \text{const}$ навколо своєї осі. Шарнірне закріплення лопаті дає можливість їй здійснювати маховий рух з площини обертання Oxz .

Для побудови рівняння руху лопаті визначимо прискорення, з яким рухається її елемент $d\xi$. І підрахуємо обумовлену ним силу інерції.

Вектор абсолютного прискорення елемента лопаті рівний [2]

$$\vec{a} = \vec{a}^e + \vec{a}^r + \vec{a}^c, \quad (1)$$

де \vec{a}^e , \vec{a}^r , \vec{a}^c – відповідно вектори переносного, відносного і коріолісового прискорення елемента лопаті.

Переносне прискорення елемента лопаті визначається за формулою

$$|\vec{a}^e| = (r_0 + \xi \cdot \cos \varphi) \cdot \omega^2, \quad (2)$$

де r_0 – відстань від осі шарніра до осі обертання ротора; ξ – поточна координата елемента лопаті $d\xi$; φ – відхилення лопаті від площини обертання.

Знайдемо проекції вектора \vec{a}^e на осі системи Oxy :

$$a_x^e = -(r_0 + \xi \cdot \cos \varphi) \cdot \omega^2, \quad (3)$$

$$a_y^e = 0, \quad (4)$$

Відносне прискорення лопаті визначимо як векторну суму нормального і тангенціального прискорень:

$$a_r = a_r^n + a_r^{\tau}, \quad (5)$$

Нехай лопать знаходиться у відхиленому стані і відцентрові сили намагаються встановити її у площину обертання ротора. Очевидно, що в даному випадку лінійна швидкість її буде збільшуватись і кутове прискорення a_r^{τ} буде додатнім і направлене згідно рис.2. У цій же системі координат визначимо складові вектора \vec{a}^r

$$a_{rx}^n = -\dot{\varphi}^2 \cdot \xi \cdot \cos \varphi, \quad (6)$$

$$a_{ry}^n = \dot{\varphi}^2 \cdot \xi \cdot \sin \varphi, \quad (7)$$

$$a_{rx}^{\tau} = \ddot{\varphi} \cdot \xi \cdot \sin \varphi, \quad (8)$$

$$a_{ry}^{\tau} = \ddot{\varphi} \cdot \xi \cdot \cos \varphi. \quad (9)$$

В даному випадку коріолісове прискорення направлене перпендикулярно площині рис.2, тому будемо вважати, що воно не впливає на маховий рух лопаті навколо осі підвісу.

З урахуванням рівності (1 – 9) визначимо компоненти абсолютного прискорення елемента лопаті.

Спроекуємо складові абсолютного прискорення на осі x і y :

$$a_x = -r\omega^2 - \xi \cos \varphi \omega^2 - \dot{\varphi}^2 \xi \cos \varphi + \ddot{\varphi} \xi \sin \varphi, \quad (10)$$

$$a_y = \dot{\varphi}^2 \xi \sin \varphi + \ddot{\varphi} \xi \cos \varphi. \quad (11)$$

Знаючи компоненти вектора a , знайдемо компоненти елементарної сили інерції:

$$dF_x^j = -\gamma s a_x \cdot d\xi, \quad (12)$$

$$dF_y^j = -\gamma s a_y \cdot d\xi \quad (13)$$

де γ , s , – щільність матеріалу і площа поперечного перетину лопаті.

Для побудови рівняння руху лопаті визначимо моменти сил інерції відносно шарніра.

У даному випадку досліджується маховий рух лопаті в площині

Оху. До рівняння рівноваги увійдуть моменти сил інерції F_x^J і F_y^J , що діють у цій площині.

Скориставшись звичайним правилом знаків, позитивним будемо вважати момент сил, направлений проти ходу годинникової стрілки. Елементарний момент сил інерції, axz , що діють у площині:

$$dM = -\gamma s (a_x \sin \varphi + a_y \cos \varphi) d\xi \quad (14)$$

Та інтегруючи елементарний момент у межах від 0 до l , отримаємо момент сил інерції, що діють на лопать, відносно осі шарніра:

$$M = \int_0^l [-\gamma s (a_x \sin \varphi + a_y \cos \varphi)] \xi d\xi. \quad (15)$$

Підставивши вирази a_x і a_y , знайдемо значення виразу:

$$\begin{aligned} a_x \sin \varphi + a_y \cos \varphi &= -r_0 \omega^2 \sin \varphi - \xi \cos \varphi \sin \varphi \omega^2 - \\ &\xi \ddot{\varphi}^2 \cos \varphi \sin \varphi + \ddot{\varphi} \xi \sin^2 \varphi + \dot{\varphi}^2 \xi \sin \varphi \cos \varphi + \\ &+ \ddot{\varphi} \xi \cos^2 \varphi = -r_0 \omega^2 \sin \varphi - \xi \cos \varphi \sin \varphi \omega^2 + \xi \ddot{\varphi}. \end{aligned}$$

Звідси момент сил інерції:

$$M = -\gamma s \int_0^l [-\xi \cdot r_0 \omega^2 \sin \varphi - \xi^2 \cos \varphi \sin \varphi \omega^2 + \xi^2 \ddot{\varphi}] d\xi. \quad (16)$$

Або:

$$\begin{aligned} M &= -\gamma s \int_0^l \left[\frac{\xi^2}{2} r_0 \omega^2 \sin \varphi - \frac{\xi^3}{3} \cos \varphi \sin \varphi \omega^2 + \frac{\xi^3}{3} \ddot{\varphi} \right] d\xi = \\ &= \gamma s \left(\frac{l^2}{2} r_0 \omega^2 \sin \varphi + \frac{l^3 \omega^2}{3} \cos \varphi \sin \varphi - \frac{l^3}{3} \ddot{\varphi} \right) \end{aligned} \quad (17)$$

Прирівняємо останній вираз до нуля і скоротимо на $\frac{1}{3} \gamma s l^3$:

$$\ddot{\varphi} - \cos \varphi \cdot \sin \varphi \cdot \omega^2 - \frac{2}{3} \frac{r_0}{l} \omega^2 \sin \varphi = 0 \quad (18)$$

Таким чином, отримано нелінійне диференціальне рівняння руху лопаті навколо осі підвісу.

При малих кутах відхилення лопаті $\varphi \leq 10^\circ$ можна прийняти $\sin \varphi = \varphi$, а $\cos \varphi = 1$. У даному випадку рівність (18) набуде вигляду

$$\ddot{\varphi} - \varphi \cdot \omega^2 - \frac{2}{3} \frac{r_0}{l} \omega^2 \varphi = 0.$$

Або

$$\ddot{\varphi} - \left(\omega^2 + \frac{2}{3} \frac{r_0}{l} \omega^2 \right) \cdot \varphi = 0.$$

Запишемо дане диференціальне рівняння у вигляді

$$\ddot{\varphi} - k^2 \varphi = 0, \quad (19)$$

де

$$k^2 = - \left(\omega^2 + \frac{2}{3} \frac{r_0}{l} \omega^2 \right). \quad (20)$$

Диференціальне рівняння (19) є лінійним однорідним рівнянням другого порядку з постійними коефіцієнтами. Його характеристичне рівняння має вигляд

$$\lambda^2 + k^2 = 0. \quad (21)$$

Коренями характеристичного рівняння є комплексні величини $\lambda_{1,2} = \pm ki$. Відповідно рішення рівняння запишемо у вигляді

$$\varphi = C_1 \cos kt + C_2 \sin kt. \quad (22)$$

Для визначення сталих інтегрування C_1 і C_2 запишемо

$$\dot{\varphi} = -C_1 k \sin kt + C_2 k \cos kt. \quad (23)$$

Враховуючи, що лопать вільно рухається після контакту з коренеплодом і, підставивши початкові значення, маємо

$$\text{при } t = 0; \varphi = \varphi_{\max} = \arccos\left(\frac{b-h}{l}\right) - \arccos\left(\frac{b}{l}\right) + \varphi_0; \text{ і } \dot{\varphi} = 0. \quad (24)$$

де b – відстань від шарніра до поверхні ґрунту; h – максимальна висота виступання головки коренеплоду над поверхнею ґрунту.

Підставивши значення, отримаємо

$$C_1 = \varphi_{\max} = \arccos\left(\frac{b-h}{l}\right) - \arccos\left(\frac{b}{l}\right) + \varphi_0, \quad (25)$$

$$C_2 = 0.$$

$$k^2 = - \left(\omega^2 + \frac{2}{3} \frac{r_0}{l} \omega^2 \right). \quad (26)$$

Значення r_0 визначимо з умови забезпечення достатньої швидкості різання на кінці робочого елемента при заданому режимі ω .

$$r_0 = \frac{V_r}{\omega} - l \cdot \cos \varphi_{\max}, \quad (27)$$

де V_r – необхідна мінімальна швидкість різання.

Рівняння руху після підстановки значень C1 і C2 прийме вигляд

$$\varphi = \left[\arccos\left(\frac{b-h}{l}\right) - \arccos\left(\frac{b}{l}\right) \right] + \varphi_0 \cdot \cos\left(\sqrt{\omega^2 + \frac{2\omega \cdot (V_r - \omega l \cos \varphi_{\max})}{3l}}\right) t \quad (28)$$

Кругова частота коливань

$$k = \sqrt{\omega^2 + \frac{2\omega \cdot (V_r - \omega l \cos \varphi_{\max})}{3l}}. \quad (29)$$

Період коливань визначимо за формулою:

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\omega^2 + \frac{2\omega \cdot (V_r - \omega l \cos \varphi_{\max})}{3l}}}. \quad (30)$$

Таким чином, визначені параметри характеризують технологічний процес копірного-роторного гичкозрізувального апарата.

Висновки. Отримано нелінійне диференціальне рівняння махових коливань лопаті. При його чисельному вирішенні визначаються конструктивно-технологічні параметри робочого органу в залежності від необхідного часу відновлення початкового положення лопаті.

В першому наближенні для малих кутів відхилення лопаті знайдено аналітичне рішення диференціального рівняння, що дасть змогу попередньо промодельовати вплив конструктивно-технологічних параметрів робочого органу на частоту та період коливань лопаті.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Булгаков В.М. Теорія робочого процесу видалення гички з коренеплодів цукрових буряків / В.М. Булгаков, А.М. Борис // Науковий вісник національного університету біоресурсів і природокористування України. – К., 2011. – Вип. 166. Ч.1. – 350 с.
2. Гуляев В.И. Колебания систем твердых и деформируемых тел при сложном движении / В.И. Гуляев, П.П. Лизунов. – К.: Вища школа, 1989. – 197 с.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОПИРНО-РОТОРНОГО БОТВОСРЕЗАЮЩЕГО АППАРАТА

Приведены результаты теоретических исследований колебаний лопастей копирно-роторного ботвосрезающего аппарата. Определенно период и круговую частоту колебаний лопасти.

Ключевые слова: корнеплод, головка корнеплода, ботва, лопасть ротора, копирно-роторный ботвосрезающий аппарат.

THEORETICAL RESEARCH OF KOPIRNO-ROTORNOGO TEMPLATE-CONTROLLED OF THE MEANS

The results of theoretical researches of vibrations of blades of template-controlled-rotor are resulted. Certainly period and circular frequency of vibrations of blade.

Key words: root crop, head of root crop, beet tops, blade of rotor, template-controlled-rotor.

УДК 631.432.2

РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ВЛАГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ЗЕМЛЕДЕЛИИ УКРАИНЫ

А.Ф. Жук, канд. техн. наук

*Всероссийский научно-исследовательский институт механизации
сельского хозяйства*

Приведено класифікацію агротехнічних заходів, які скорочують втрати вологи з ріллі на стік, випаровування, знесення снігу, інфільтрацію і транспірацію. Подані відомості про їхню ефективність, особливості виконання та технічне забезпечення. Комплексне виконання цих заходів може підвищити вологозабезпеченість ґрунту вологодефіцитних регіонів України на 60...100 мм і забезпечити істотне збільшення виробництва продукції рослинництва, в тому числі зерна на 6...10 млн. т. на рік.

Ключові слова: втрати вологи, вологозабезпеченість, вологодефіцитність, агротехнічні заходи, збереження вологи.

Проблема. Самым пагубным видом потерь влаги с пашни является поверхностный и внутрипочвенный сток, так как он сопровождается эрозионными процессами, вымыванием из почвы питательных

© А.Ф. Жук.

Механізація та електрифікація сільського господарства. Вип. 95. 2011.