



ДЕБЕЛИНА НА ПОЧВЕНАТА СТРУЖКА НА ВЕРТИКАЛНО-РОТАЦИОНЕН ПОЧВООБРАБОТВАЩ ОРГАН С АКТИВНО ЗАДВИЖВАНЕ

ДИМИТЪР ГУГЛЕВ, МАРИЯ ВАСИЛЕВА

SOIL CHIP THICKNESS OF A VERTICAL ROTARY AKTIVE DRIVE SOIL TILLAGE UNIT

DIMITAR GUGLEV, MARIA VASSILEVA

Abstract

The presented theoretical survey provides a methodology for the measurement of the thickness of the soil chip of a vertical rotary active drive soil tillage unit.

The soil chip thickness is defined as the length of the normal to the inner trochoid, limited between its intersections with the trajectories of two vertical blades working consequently during the formation of the soil chip.

It is found that the soil chip thickness depends on the diameter of the rotor and the kinematic parameter and its maximum equals the spacing.

Key words: soil tilling, soil chip thickness, trochoid

ВЪВЕДЕНИЕ

Дебелината на почвената стружка е една от основните технологични характеристики, която съществено влияе на енергетичните и агротехническите показатели на вертикалноротационния почвообработващ орган (ВРПО) с активно задвижване [Гуглев, 2004; Гуглев, 2009].

За дебелина на почвената стружка приемаме дължината на частта от нормалата към вътрешната трохоида, ограничена от пресечните ѝ точки с траекториите (трохоиди), описани от последователно работещи вертикални ножове на ВРПО, определени в положителната посока [Матяшин, 1988; Инае-кян, 1992].

Обект на теоретичното изследване е ВРПО с два ножа ($z=2$), дефазирани на $\Phi=2\pi/z$, с начално положение ($t=0$) на абсцисата Ox . Постъпателното движение е със скорост v в посока на ординатната ос Oy . Ротационното движение е с ъглова скорост ω , с ос на ротация, перпендикулярна на равнината Oxy (фиг. 1).

Параметричните уравнения на траекториите на движение на върховете на вертикалните ножове (А и В) при избраната координатна система съответно са [Гуглев, 2004]

Нож А

$$x_A = R \cdot \cos \omega t_A \quad (1)$$

$$y_A = v \cdot t_A + R \cdot \sin \omega t_A \quad (2)$$

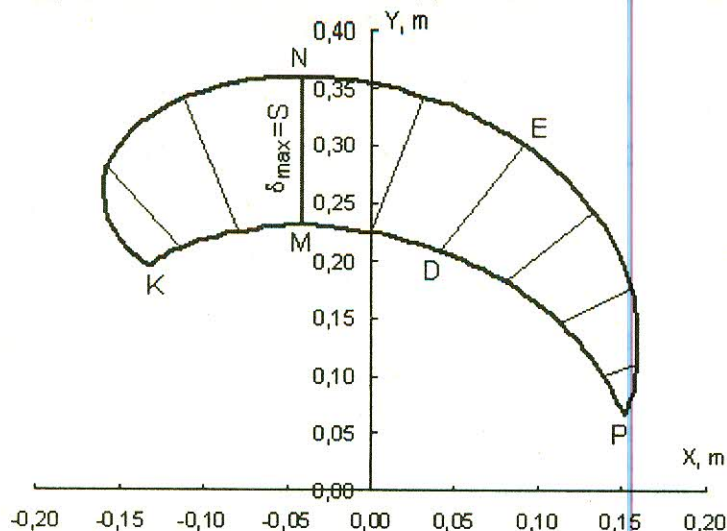
Нож В

$$x_B = -R \cdot \cos \omega t_B \quad (3)$$

$$y_B = v \cdot t_B - R \cdot \sin \omega t_B \quad (4)$$

където: t_A и t_B са времената, R - радиусът на окръжността S описана съответно от върховете на вертикалните ножове А и В.

Цел на теоретичното изследване е да се разработи методика за определяне на дебелината на почвената стружка на вертикално-ротационния почвообработващ орган с активно задвижване с два ножа.



Фиг. 1. Почвена стружка ($z=2$; $v=1,3$ m/s; $R=160$ mm; $\omega=31,4$ s⁻¹)

На фиг. 1. е показана почвената стружка при: $z=2$; $v=1,3$ m/s; $R=160$ mm; $\omega=31,4$ s⁻¹. Очевидно е че с нарастване на ъгъла на завъртане на ротора в процеса на отрязване на почвената стружка, дебелината и δ плавно се изменя. От нула в началото, нараства до максималната си стойност и в края на процеса намалява до нула.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Уравнението на нормалата в точката $[x(t), y(t)]$ от равнинна крива зададена в параметричен вид $[x= x(t); y= y(t); 0,0896 \leq t \leq 0,2189$ s] е [Киров, 1991]:

$$(x - x(t)) \cdot \dot{x}(t) + (y - y(t)) \cdot \dot{y}(t) = 0$$

където $\dot{x}(t)$ и $\dot{y}(t)$ са първите производни на $x(t)$ и $y(t)$ спрямо t .

Тогава за нормалата в произволна точка D (фиг. 1.) от вътрешната трохоида получаваме:

$$(x - x_D) \cdot \dot{x}_D + (y - y_D) \cdot \dot{y}_D = 0 \quad (5)$$

Съгласно (1) и (2): $x_D = R \cdot \cos \omega t_D$; $y_D = v \cdot t_D + R \cdot \sin \omega t_D$. За \dot{x}_D и \dot{y}_D , след ползване $u = R \cdot \omega$, получаваме: $\dot{x}_D = -u \cdot \sin \omega t_D$; $\dot{y}_D = v + u \cdot \cos \omega t_D$.

Изразите за x_D , y_D , \dot{x}_D и \dot{y}_D заместваме в уравнение (5), и след съответни преобразувания, получаваме декартовото уравнение на нормалата към вътрешната трохоида в т. D:

$$y = \left[\frac{\sin \omega t_D}{\frac{1}{\lambda} + \cos \omega t_D} \right] x - \frac{0,5.R. \sin 2\omega t_D}{\frac{1}{\lambda} + \cos \omega t_D} + v.t_D + R. \sin \omega t_D, \quad (6)$$

където $\frac{u}{v} = \lambda$ е кинематичен параметър;

$$k = \frac{\sin \omega t_D}{\frac{1}{\lambda} + \cos \omega t_D} \text{ - ъгловият коефициент;}$$

$$b = -\frac{0,5.R. \sin 2\omega t_D}{\frac{1}{\lambda} + \cos \omega t_D} + v.t_D + R. \sin \omega t_D \text{ - отрезък.}$$

Координатите на пресечната точка E на нормалата в т. D и външната трохоида удовлетворяват системата от уравненията им т. е.:

$$\begin{cases} y_E = k.x_E + b \\ x_E = -R. \cos \omega t_E \\ y_E = v.t_E - R. \sin \omega t_E \end{cases}$$

Следователно:

$$y_E = \left[\frac{\sin \omega t_D}{\frac{1}{\lambda} + \cos \omega t_D} \right] x_E - \frac{0,5.R. \sin 2\omega t_D}{\frac{1}{\lambda} + \cos \omega t_D} + v.t_D + R. \sin \omega t_D. \quad (7)$$

След подходящи преобразувания, за времето t_E , получаваме следното трансцендентно уравнение:

$$R.(\sin \omega t_D + \sin \omega t_E) - \frac{R. \cos \omega t_E. \sin \omega t_D}{\frac{1}{\lambda} + \cos \omega t_D} - \frac{0,5.R. \sin 2\omega t_D}{\frac{1}{\lambda} + \cos \omega t_D} + v.(t_D - t_E) = 0. \quad (8)$$

Уравнение (8) се решава с итерация в програмния продукт Microsoft Excel.

Дебелината на почвената стружка в произволен момент от процеса на рязане на почвената стружка определяме като разстояние между пресечните точки на нормалата към вътрешната трохоида съответно с външната и вътрешната трохоиди в равнината Oxy с формулата:

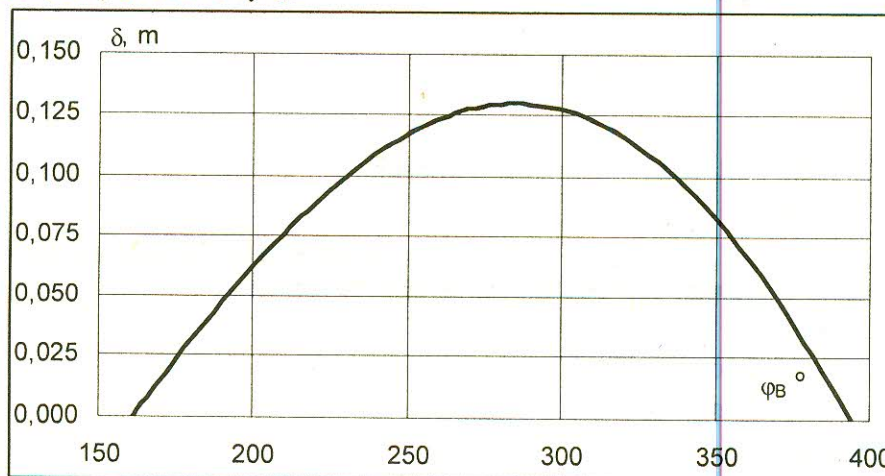
$$\delta_i = \sqrt{(x_{B_i} - x_{A_i})^2 + (y_{B_i} - y_{A_i})^2}. \quad (9)$$

От (1), (2), (3), (4) и (9) следва:

$$\delta_i = \sqrt{v^2(t_{B_i} - t_{A_i})^2 + 4R^2 \cos^2 \omega \frac{t_{B_i} - t_{A_i}}{2} - 4vR(t_{B_i} - t_{A_i}) \sin \omega \frac{t_{B_i} + t_{A_i}}{2} \cos \omega \frac{t_{B_i} - t_{A_i}}{2}}. \quad (10)$$

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

На фиг. 2. е показано изменението на дебелината на почвената стружка в зависимост от ъгъла на завъртане ($\varphi_B = \omega \cdot t_B$) на нож В, на вертикално - ротационния почвообработващ орган с активно задвижване. В началния момент (фиг. 1, т. Р, $\varphi_P = 161,24^\circ$) дебелината на почвената стружка е $\delta = 0$, следва плавно нарастване до максималната и стойност $\delta_{\max} = 0,13$ m при ъгъл на завъртане на нож В - $\varphi_N = 285,01^\circ$ (фиг. 1, т. N) и в края на процеса (фиг. 1, т. К $\varphi_K = 394,05^\circ$.) отново е нула.



Фиг. 2. Изменение на дебелината на почвената стружка ($z=2$; $v=1,3$ m/s; $R=160$ mm, $\omega=31,4$ s $^{-1}$)

Почвената стружка се отрязва за ъгъл на завъртане $\varphi_B = \varphi_K - \varphi_P = 232,80^\circ$ на нож В за време $t = \frac{(\varphi_K - \varphi_P)\pi}{180 \cdot \omega} = 0,129$ s. Анализът на времето за рязане на почвената стружка показва че, дебелината на почвената стружка съответно нараства 53,16% и намалява 46,84% от времето за рязане.

От фиг. 1 е видно че максималната дебелина на почвената стружка - δ_{\max} е част (MN) от нормалата към вътрешната трохоида, когато тя е успоредна на ординатната ос. Установихме, че в точка М функцията $y_A = v \cdot t_A + R \cdot \sin \omega t_A$ и в точка N функцията $y_B = v \cdot t_B - R \cdot \sin \omega t_B$ имат максимум.

Точка М лежи на траекторията на нож А и нейните координати са:

$$y_M = \frac{R}{\lambda} \cdot \left[\pi - \arccos\left(\frac{1}{\lambda}\right) + \sqrt{\lambda^2 - 1} \right], \quad x_M = -\frac{R}{\lambda},$$

при ъгъл на завъртане $\varphi_M = \pi - \arccos\left(\frac{1}{\lambda}\right)$.

Точка N лежи на траекторията на нож В и нейните координати са:

$$y_N = \frac{R}{\lambda} \left[2\pi - \arccos\left(\frac{1}{\lambda}\right) + \sqrt{\lambda^2 - 1} \right], \quad x_N = -\frac{R}{\lambda},$$

$$\text{при ъгъл на завъртане } \varphi_N = 2\pi - \arccos\left(\frac{1}{\lambda}\right).$$

Следователно максималната дебелина на почвената стружка е:

$$\delta_{\max} = y_N - y_M$$

$$\delta_{\max} = \frac{R}{\lambda} \left[2\pi - \arccos\left(\frac{1}{\lambda}\right) + \sqrt{\lambda^2 - 1} \right] - \frac{R}{\lambda} \left[\pi - \arccos\left(\frac{1}{\lambda}\right) + \sqrt{\lambda^2 - 1} \right]$$

След подходящи преобразувания за максималната дебелина на почвената стружка на вертикално-ротационния почвообработващ орган с активно задвижване с два ножа получаваме:

$$\delta_{\max} = \frac{\pi \cdot R}{\lambda}. \quad (9)$$

Стъпката на вертикално-ротационния почвообработващ орган се определя с разстоянието S на което се премества ВРПО със скорост v в посока на ординатната ос Oy за време t , осигуряващо ъгъл на завъртане на ротора, равен на ъгъла на дефазирание на вертикалните ножове $\Phi = 2\pi/z$ [Яцук, 1971].

При брой на ножовете z , времето е $t = \frac{2\pi}{z \cdot \omega}$ и стъпката се определя с формулата:

$$S = v \cdot t = v \cdot \frac{2\pi}{z \cdot \omega} = \frac{2\pi \cdot R}{z \cdot \lambda}. \quad (10)$$

При брой на ножовете $z=2$

$$S = \frac{\pi \cdot R}{\lambda}. \quad (11)$$

От (9) и (11) следва че максималната дебелина на почвената стружка е равна на стъпката:

$$\delta_{\max} = S = \frac{\pi \cdot R}{\lambda}. \quad (12)$$

В резултат на теоретичното изследване установихме че дебелината на почвената стружка на вертикално-ротационен почвообработващ орган с активно задвижване с два ножа зависи от конструктивните параметри и кинематичния параметър на режима на работа.

ИЗВОДИ

1. Установена е методика за определяне на дебелината на почвената стружка на вертикално-ротационен почвообработващ орган с активно задвижване с два ножа.

2. Максималната дебелина на почвената стружка δ_{\max} е равна на стъпката S като зависи от радиусът на окръжността описана от върховете на вертикалните ножове и кинематичен параметър λ .

3. Изведените зависимости за дебелина на почвената стружка може да се използват при определяне енергетичните и силови характеристики и качествените показатели на вертикално - ротационни почвообработващи органи с активно задвижване.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гуглев Д. А., Ранчева Е. Л., 2004. Кинематика на вертикално-ротационен почвообработващ орган. Селскостопанска техника, № 6, с. 17÷21.
2. Гуглев Д. А., 2009. Теоретично изследване на вертикално-ротационен почвообработващ орган. АГРАРНИ НАУКИ, Година I, Брой 2, с.65÷68. Академично издателство. Аграрен университет – Пловдив.
3. Инаекян С. А., 1992. Научные основы повышения эффективности почвообрабатывающих машин для предпосевной обработки почвы. ВИСХОМ, Москва.
4. Киров Г., 1991. Математически анализ. Наука и изкуство. София.
5. Матяшин Ю. И., И. М. Гринчук, Г. М. Егоров, 1988. Расчет и проектирование ротационных почвообрабатывающих машин, ВО "Агропромиздат", Москва.
6. Яцук Е. П., И. М. Панов, Д. Н. Ефимов, О. С. Марченко, А. Д. Черненко, 1971. Ротационные почвообрабатывающие машины. Конструкция, расчет и проектирование. Москва, Машиностроение.