



DOI: 10.22620/agrisci.2009.02.011

ТЕОРЕТИЧНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВЕРТИКАЛНО-РОТАЦИОНЕН ПОЧВООБРАБОТВАЩ ОРГАН
THEORETICAL RESEARCH ON A VERTICAL ROTARY SOIL TILLAGE UNIT

Димитър Гуглев
Dimitar Guglev

Аграрен университет - Пловдив
 Agricultural University - Plovdiv

E-mail: guglev@au-plovdiv.bg

Резюме

С теоретичното изследване на вертикално-ротационен почвообработващ орган с два ножа е предложена методика за определяне на времената и ъглите при пресичане на траекториите на вертикалните ножове при формиране на почвената стружка.

За определяне на началния и на крайния момент на рязане на почвената стружка са изчислени координатите на точките на пресичане на траекториите на вертикалните ножове.

Установено е времето, необходимо за рязане на почвена стружка в зависимост от конструктивните параметри и режима на работа на работния орган. Определени са коефициентът на използване на времето за рязане на почвената стружка и коефициентът на използване на работната ширина на вертикално-ротационен почвообработващ орган.

Abstract

By the theoretical research on a vertical rotary two-knife soil tillage unit we elaborate on a time- and angle-defining method at the crossing of the vertical knives' trajectories in the forming of the soil chip.

The coordinates of the vertical knives' trajectories crosspoints are calculated to define the initial and the final cutting points of the soil chip.

The time needed for cutting the soil chip is determined depending on the constructive parameters and the operating mode of the performing unit. The coefficient of using the time spent on soil chip cutting and the coefficient of using the working width of the vertical rotary soil tillage unit are determined as well.

Ключови думи: обработка на почвата, почвена стружка.

Key words: soil tillage, soil chip.

ВЪВЕДЕНИЕ

Технологичният процес на вертикално-ротационния почвообработващ орган (ВРПО) (Гуглев, 2004) с активно задвижване протича с периодично, последователно отрязване на почвена стружка (фиг. 1) от всеки един от вертикалните ножове.

Обект на изследването е ВРПО с два ножа ($z=2$), дефазирани на $\Phi=2\pi/z$, с начално положение ($t=0$) на абсцисата Ox . Постъпателното движение със скорост "v" е в посока на оста Oy .

Почвената стружка се ограничава между точките на пресичане на траекториите на последователно работещите вертикални ножове при преминаване през необработения почвен пласт.

За определяне на технологичните характеристики на почвената стружка е необходимо да се определят координатите на точките на пресичане на траекториите

на разноименните ножове в зависимост от режима на работа и конструктивните параметри на ВРПО.

Параметричните уравнения на движение на върховете на ножовете (точки А и В) имат следния вид (Гуглев, 2004)

Точка А

$$X_A = R_C \cos \omega t_A \quad (1)$$

$$Y_A = vt_A + R_C \sin \omega t_A \quad (2)$$

Точка В

$$X_B = -R_C \cos \omega t_B \quad (3)$$

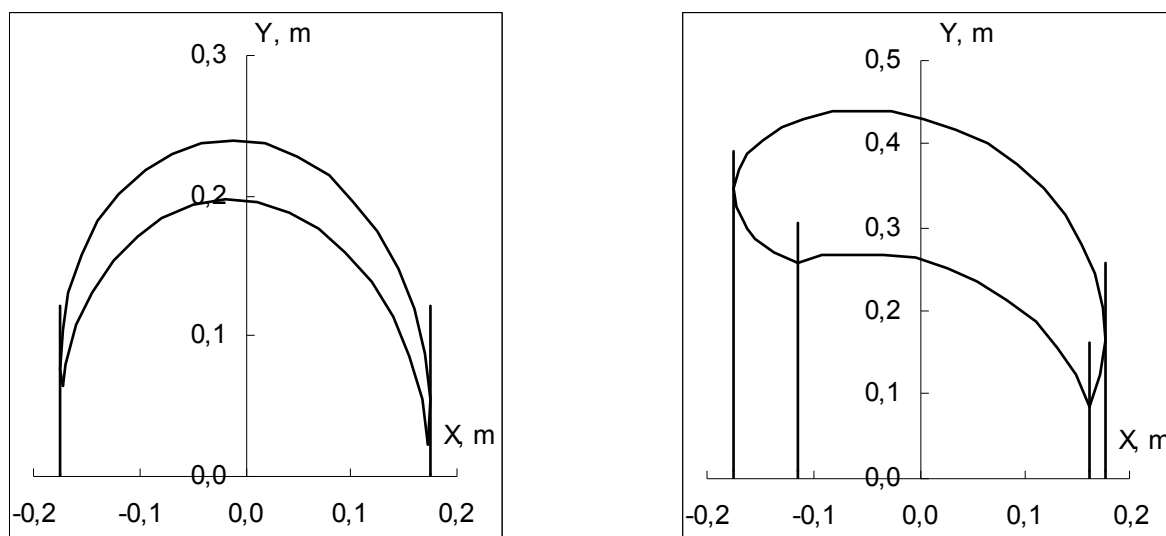
$$Y_B = vt_B - R_C \sin \omega t_B \quad (4),$$

където: v е постъпателната скорост на ВРПО;

t – времето;

R_C - радиусът на окръжността "С", описана от точки А и В;

ω - ъгловата скорост на ротора на ВРПО.



Фиг. 1. Почвена стружка ($z=2$, $R_C=175$ mm, $\omega=36,6$ s⁻¹)

a) $v=0,5$ m/s; б) $v=2,0$ m/s

Fig. 1. Soil chip ($z=2$, $R_C=175$ mm, $\omega=36,6$ s⁻¹)

a) $v=0,5$ m/s; б) $v=2,0$ m/s

Цел на теоретичното изследване е да се установи методика за определяне на времето за рязане на почвена стружка в зависимост от конструктивните параметри и режима на работа на вертикално-ротационния почвообработващ орган с два ножа.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Времето за рязане на почвената стружка „ t ” се определя със зависимостта

$$t = t_K - t_H,$$

където t_H и t_K са съответно началният и крайният момент на рязане на почвената стружка.

За определяне на началния и на крайния момент на рязане на почвената стружка е необходимо да се определят координатите на точки А и В при пресичане на траекториите им.

В точките на пресичане на траекторията на точка А и точка В е изпълнено условието

$$\begin{cases} X_{A(t_A)} = X_{B(t_B)} \\ Y_{A(t_A)} = Y_{B(t_B)} \end{cases} \quad (5)$$

където $X_{A(t_A)}$, $Y_{A(t_A)}$ и $X_{B(t_B)}$, $Y_{B(t_B)}$ са координатите на точка А и точка В съответно в момент „ t_A ” и „ t_B ”. Замествайки параметричните уравнения на движение (1), (2), (3) и (4) в системата уравнения (5) се получава:

$$\begin{cases} R_C \cos \omega t_A = -R_C \cos \omega t_B \\ vt_A + R_C \sin \omega t_A = vt_B - R_C \sin \omega t_B \end{cases} \quad (6)$$

От първото уравнение на системата уравнения (6):

$$\cos \omega t_A = -\cos \omega t_B$$

$$-\cos \omega t_B = \cos(p \pm \omega t_B) \quad (\text{Милкоева, 1998})$$

В случая само $-\cos \omega t_B = \cos(p - \omega t_B)$ има решение.

Следователно:

$$\cos \omega t_A = \cos(p - \omega t_B)$$

$$\omega t_A = p - \omega t_B + 2k\pi$$

$$\omega t_A = (2k+1)\pi - \omega t_B$$

$$\omega t_A + \omega t_B = (2k+1)\pi$$

$$t_A + t_B = \frac{(2k+1)\pi}{\omega}$$

$$t_A = \frac{(2k+1)\pi}{\omega} - t_B,$$

$$t_B = \frac{(2k+1)\pi}{\omega} - t_A$$

С така определените стойности за времето „ t_A ” и „ t_B ” заместваме във второто уравнение на системата уравнения (6):

$$vt_A + R_C \sin \omega t_A = v \left(\frac{(2k+1)\pi}{\omega} - t_A \right) - R_C \sin \omega \left(\frac{(2k+1)\pi}{\omega} - t_A \right) \quad (7)$$

$$v \left(\frac{(2k+1)\pi}{\omega} - t_B \right) + R_C \sin \omega \left(\frac{(2k+1)\pi}{\omega} - t_B \right) = vt_B - R_C \sin \omega t_B \quad (8)$$

След решаване на уравнения (7) и (8) се получават функциите



Таблица 1

Table 1

Скорост Speed v m/s	Време за рязане на почвената стружка Time for cutting the soil chip			Ъгъл на рязане на почвената стружка Soil chip cutting's angle			Действителна работна ширина на работния орган Real working depth of operating unit			
	t _н s	t _к s	t s	φ _н °	φ _к °	φ °	Δ _{вх} m	Δ _{изх} m	Δ, m	b _{ВРПО} m
0,5	0,0826	0,1751	0,0925	173,48	367,63	194,16	0,0011	0,0016	0,0027	0,3473
1,0	0,0799	0,1795	0,0996	167,78	376,91	209,13	0,0040	0,0076	0,0115	0,3385
1,5	0,0775	0,1853	0,1078	162,73	389,08	226,35	0,0079	0,0221	0,0300	0,3200
2,0	0,0753	0,1949	0,1196	158,21	409,29	251,08	0,0125	0,0609	0,0734	0,2766

$$f(t_A) = 2vt_A + 2R_C \sin \omega t_A - \frac{v(2k+1)\pi}{\omega} = 0, \quad (9)$$

$$f(t_B) = 2vt_B - 2R_C \sin \omega t_B - \frac{v(2k+1)\pi}{\omega} = 0, \quad (10)$$

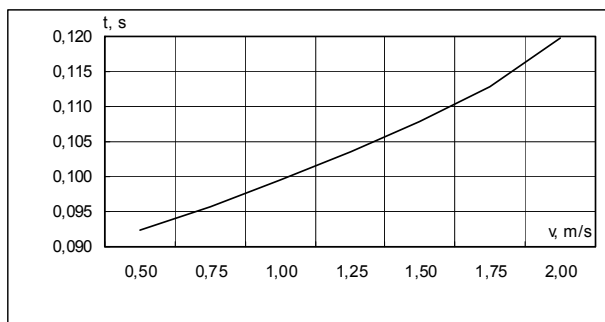
k=0, 1, 2, ..., n,

които се решават с итерация.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

В таблица 1 са представени изчислените стойности на: началния „t_н“ крайния „t_к“ момент и времето „t“; началния „φ_н“ крайния „φ_к“ ъгли и ъгъла „φ“ за рязане на почвената стружка; загубата на работна ширина на входа „Δ_{вх}“, изхода „Δ_{изх}“ и общата „Δ“ и действителната работна ширина „b_{ВРПО}“ на ВРПО при постъпателна скорост v=0,5ч2,0 m/s; радиус на окръжността „C“, описана от точки А и В - R_C=175 mm и ъгловата скорост на ротора - ω=36,6 s⁻¹.

На фиг. 2 е показано изменението на времето за рязане на почвената стружка за всеки един от вертикалните ножове. С нарастване на постъпателната скорост на ВРПО времето на рязане на почвената стружка също нараства: от 0,0925 s при v=0,5 m/s до 0,1196 s при v=2,0 m/s. Това нарастване на времето се дължи съответно на по-ранното начало и по-късното приключване на рязането на почвената стружка, което



Фиг. 2. Време за рязане на почвената стружка (z=2, R_C=175 mm, ω=36,6 s⁻¹)

Fig. 2. Time for cutting the soil chip (z=2, R_C=175 mm, ω=36,6 s⁻¹)

е свързано с намаляване на кинематичния параметър λ от 12,8 до 3,2.

Коефициентът на използване на времето за рязане на почвената стружка за всеки един от вертикалните ножове (фиг. 3) се определя със зависимостта

$$k_t = \frac{t}{t_T},$$

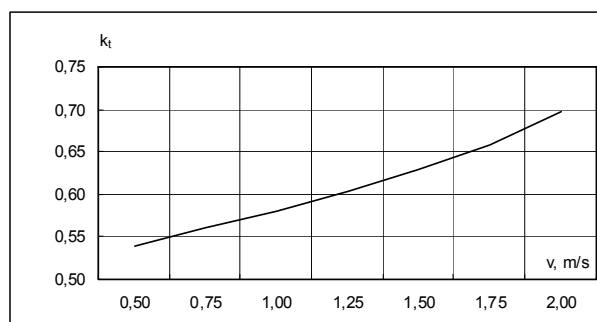
където: t е времето за рязане на почвената стружка;

t_T = 2π/ω – времето за ъгъл на завъртане 2π.

Коефициентът на използване на времето за рязане на почвената стружка е най-малък (k_t=0,54) при постъпателна скорост v=0,5 m/s. С нарастване на постъпателната скорост времето на рязане на почвената стружка нараства, което води и до нарастване на коефициента на използване на времето за рязане на почвената стружка. При постъпателна скорост v=2,0 m/s k_t=0,70.

При работа на ВРПО почвената стружка се реже по цялата работна ширина на работния орган. Теоретичната работна ширина е b_T=2R_C. В резултат на особеностите на технологичния процес на входа и на изхода в почвения пласт се получават необработени зони съответно с ширина

- на входа: Δ_{вх} = X_{MAX} - X_{вх}
 - на изхода: Δ_{изх} = |X_{MIN} - X_{изх}|



Фиг. 3. Изменение на коефициента на използване на времето за рязане на почвената стружка (z=2, R_C=175 mm, ω=36,6 s⁻¹)

Fig. 3. Change in coefficient of using the time for cutting the soil chip (z=2, R_C=175 mm, ω=36,6 s⁻¹)

където: $X_{MAX} = R_C$ е максималната стойност на абсцисата;

$X_{MIN} = -R_C$ - минималната стойност на абсцисата;

X_{BX} - стойността на абсцисата в точката на пресичане на траекториите в началото на рязането на почвената стружка;

$X_{ИЗХ}$ - стойността на абсцисата в точката на пресичане на траекториите в края на почвената стружка.

Следователно

$$\Delta_{BX} = R_C - X_{BX}$$

$$\Delta_{ИЗХ} = |-R_C| - |X_{ИЗХ}|$$

Общата загуба на работна ширина на ВРПО се определя със зависимостта

$$\Delta = \Delta_{BX} + \Delta_{ИЗХ}$$

За изследваните режими на работа (табл. 1) с нарастване на постъпателната скорост нарастват и загубите на работна ширина на входа (Δ_{BX}), на изхода ($\Delta_{ИЗХ}$) и общата (Δ). Също така е видно, че загубата на работна ширина на изхода ($\Delta_{ИЗХ}$) винаги е по-голяма от тази на входа (Δ_{BX}).

Следователно максималната стойност на загубата на работна ширина на изхода - $\Delta_{ИЗХmax}$ ще определя припокриването между два съседни ротора.

Действителната работна ширина на ВРПО се определя със зависимостта:

$$b_{ВРПО} = b_T - \Delta = X_{BX} + |X_{ИЗХ}|$$

Отношението на действителната и теоретичната работна ширина на ВРПО определя коефициента на използване на работната ширина на ВРПО (фиг. 4.)

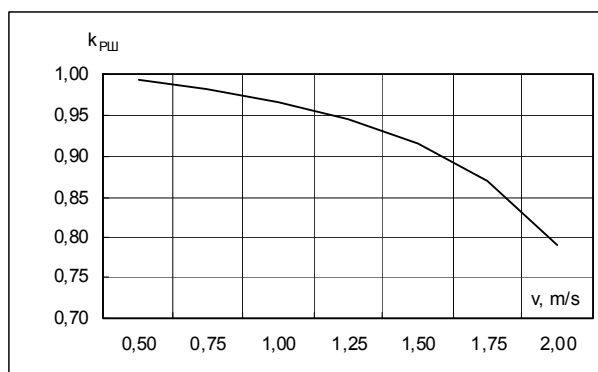
$$k_{РШ} = \frac{b_{ВРПО}}{b_T} = \frac{b_{ВРПО}}{2R_C}$$

С нарастване на постъпателната скорост коефициентът на използване на работната ширина непрекъснато намалява. От 0,99 при $v=0,5$ m/s до 0,79 при $v=2,0$ m/s. Това намаление се дължи на нарастването на общата загуба на работна ширина на ВРПО с повишаване на работната скорост.

В резултат на теоретичното изследване на вертикално-ротационен почвообработващ орган с два ножа е установена методика и са изведени аналитични зависимости за определяне на: времето и ъгъла на завъртане за рязане на почвена стружка; действителната работна ширина в зависимост от конструктивните параметри и режима на работа на вертикално-ротационния почвообработващ орган.

Тези зависимости може да се използват при определяне на енергетичните и силовите характеристики и качествените показатели на вертикално-ротационни почвообработващи органи.

При установен режим на работа на ВРПО за n-тата почвена стружка са в сила следните зависимости:



Фиг. 4. Изменение на коефициента на използване на работната ширина ($z=2$, $R_C=175$ mm, $\omega=36,6$ s⁻¹)

Fig. 4. Change in coefficient of using the working depth ($z=2$, $R_C=175$ mm, $\omega=36,6$ s⁻¹)

- начален ъгъл на рязане на почвената стружка

$$\varphi_{H_n} = \varphi_{H_{n-1}} + \frac{2\pi}{z} \text{ или } \varphi_{H_n} = \varphi_{H_1} + (n-1) \frac{2\pi}{z};$$

- краен ъгъл на рязане на почвената стружка

$$\varphi_{K_n} = \varphi_{K_{n-1}} + \frac{2\pi}{z} \text{ или } \varphi_{K_n} = \varphi_{K_1} + (n-1) \frac{2\pi}{z};$$

- начален момент на рязане на почвената стружка

$$t_{H_n} = t_{H_{n-1}} + \frac{2\pi}{\omega z} \text{ или } t_{H_n} = t_{H_1} + (n-1) \frac{2\pi}{\omega z};$$

- краен момент на рязане на почвената стружка

$$t_{K_n} = t_{K_{n-1}} + \frac{2\pi}{\omega z} \text{ или } t_{K_n} = t_{K_1} + (n-1) \frac{2\pi}{\omega z}.$$

ИЗВОДИ

1. Установена е методика за определяне на времето и на ъгъла на завъртане за рязане на почвена стружка от вертикално-ротационен почвообработващ орган с два ножа.

2. Определена е действителната работна ширина на вертикално-ротационен почвообработващ орган с два ножа в зависимост от конструктивните параметри и режима на работа.

3. Изведените зависимости може да се използват при определяне на енергетичните и силовите характеристики и качествените показатели на вертикално-ротационни почвообработващи органи.

ЛИТЕРАТУРА

- Гуглев, Д. А., Ранчева Е. Л., 2004. Кинематика на вертикално-ротационен почвообработващ орган. – Селскостопанска техника, № 6, 17-21.
 Милкоева, Б. Д., 1998. Математически справочник, „Демакс“ ООД.

Статията е приета на 12.10.2009 г.

Рецензент – доц. д-р инж. Иван Брайков

E-mail: iv_braykov@abv.bg