



**ВЛИЯНИЕ НА РЕЖИМА НА РАБОТА НА ВЕРТИКАЛНО-РОТАЦИОНЕН  
ПОЧВООБРАБОТВАЩ ОРГАН С АКТИВНО ЗАДВИЖВАНЕ НА СКОРОСТТА  
EFFECT OF THE ACTION MODE OF THE VERTICAL ROTARY SOIL TILLAGE  
UNIT WITH ACTIVE DRIVE OF THE CUTTING SPEED**

**Димитър Гуглев  
Dimitar Guglev**

**E-mail: guglev@au-plovdiv.bg**

**Abstract**

The theoretical study of the vertical rotary soil tillage unit with two knives aims to determine the influence of the mode of action on the size and direction of the cutting speed, providing quality of the technological process.

As a result of the study the optimal values of the kinematic parameter  $1,1\lambda_{кр} \leq \lambda \leq 1,7\lambda_{кр}$ , the cutting speed  $v_p$  and its components  $v_{px}$ ,  $v_{py}$  were determined.

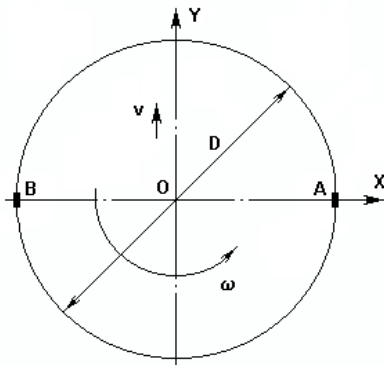
**Key words:** cutting speed, components of the cutting speed.

**ВЪВЕДЕНИЕ**

Скоростта на рязане е една от съществените технологични характеристики на вертикално-ротационния почвообработващ работен орган с активно задвижване. Скоростта на рязане е абсолютната скорост на движение на точките от режещия ръб на вертикалните ножове (Miraschiev, 1989; Sineokov, 1977). Големината и направлението на скоростта на рязане се изменя непрекъснато в зависимост от ъгъла на завъртане на ротора, като винаги е по тангентата към траекторията на ножа (Guglev, 2004). Големината и направлението на скоростта на рязане са едни от основните фактори, които определят разхода на енергия при равни други условия (Shishkov, 1972).

Цел на теоретичното изследване е да се определи влиянието на режима на работа на вертикално-ротационен почвообработващ работен орган с активно задвижване на големината на скоростта на рязане и направлението на нейните компоненти, осигуряващи качествено протичане на технологичния процес.

Обект на теоретичното изследване е вертикално-ротационен почвообработващ работен орган с активно задвижване с два ножа ( $z=2$ ), дефазирани на  $\theta=\pi$ , с начално положение ( $t=0$ ) на абсцисата Ох. Постъпателното движение е със скорост  $v$  в посока на ординатата Оу. Ротационното движение е с ъглова скорост  $\omega$ , с ос на ротация перпендикулярна на равнината Оху (фиг. 1).



**Фиг. 1.** Начално положение на ротора с два ножа при  $\theta=\pi$

**Fig. 1.** Initial position of the rotor with two knives in  $\theta=\pi$

Параметричните уравнения на движение имат следния вид:

$$\text{Нож A} \left\{ \begin{array}{l} x_A = \frac{D}{2} \cos \omega t \\ y_A = vt + \frac{D}{2} \sin \omega t \end{array} \right. \quad (1)$$

$$\text{Нож B} \left\{ \begin{array}{l} x_B = -\frac{D}{2} \cos \omega t \\ y_B = vt - \frac{D}{2} \sin \omega t \end{array} \right. \quad (2)$$

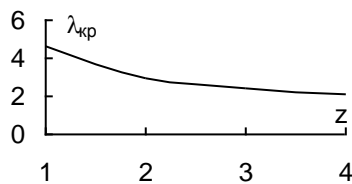
където:  $v$  е постъпателната скорост;  $t$  – времето;  $D$  – диаметърът на окръжността, описана от ножовете на ротора;  $\omega$  – ъгловата скорост.

### МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

Режимът на работа се определя от стойността на кинематичен параметър  $\lambda = \omega D / 2v$ , който определя характера на трохойдите, които се описват от ножовете на ротора в резултат на постъпателното и ротационното движение. За качествено протичане на технологичния процес е необходимо кинематичният параметър  $\lambda$  да се изменя в следните граници

$$1,1\lambda_{кр} \leq \lambda \leq 1,7\lambda_{кр}, \quad (3)$$

където:  $\lambda_{кр}$  (фиг. 2) е стойността на кинематичен параметър при критичен режим на работа (Guglev, 2011).



**Фиг. 2.** Изменение на  $\lambda_{кр}$  в зависимост от броя на ножовете  $z$   
**Fig. 2.** Amendment of  $\lambda_{кр}$  depending on the number of blades  $z$

$z$	2	3	4
$\lambda_{кр}$	2,972	2,407	2,115

Горната граница в неравенство (3) се определя от условието за намаляване на разхода на енергия за повторно взаимодействие на ножа с почвените агрегати. Долната граница се определя от условието за качествено протичане на технологичния процес, като траекториите на ножовете от един ротор се пресичат в края на процеса при отрязване на почвената стружка.

За изясняване на влиянието на режима на работа на скоростта на рязане е изследван вертикално-ротационен почвообработващ работен орган с диаметър  $D=350$  mm и ъглова скорост на ротора  $\omega=36,65$  s<sup>-1</sup> за двете стойности на кинематичния параметър  $\lambda=1,1\lambda_{кр}=3,27$  и  $\lambda=1,7\lambda_{кр}=5,05$ .

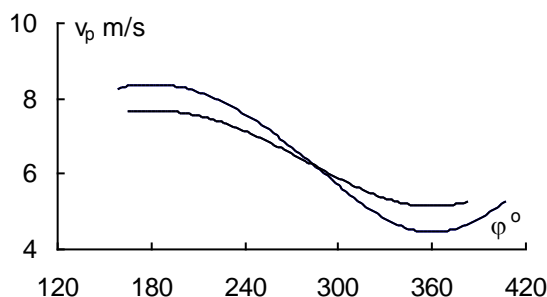
Постъпателната скорост на ротора се определя със зависимостта  $v=10^{-3}\omega D/2\lambda$ , съответно – 1,96 m/s за  $\lambda=1,1\lambda_{кр}$  и 1,27 m/s за  $\lambda=1,7\lambda_{кр}$ , която е с 35,2 % по-ниска.

### РЕЗУЛТАТИ

На фигура 3 са посочени скоростите на рязане (Guglev, 2004) на нож В за двата режима на работа. Максималната скорост на рязане  $v_{p_{max}} = v(\lambda + 1)$  е при ъгъл на завъртане на ротора  $\varphi=\pi$ , като стойностите им за двата режима се различават с 9,0%. Минималната  $v_{p_{min}} = v(\lambda - 1)$  при  $\varphi=2\pi$ , като се различават с 15,6%. За ъгъл на завъртане на ротора  $\varphi = 2\pi - \arccos\left(\frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2\lambda_1\lambda_2}\right)$  скоростите на рязане за двата режима на работа са равни –  $v_p=6,22$  m/s. Средните скорости на рязане се различават с 0,8%.

От фигура 3 е видно, че при  $D=\text{const}$  и  $\omega=\text{const}$  стойността на кинематичния показател влияе на началния  $\varphi_n$ , крайния  $\varphi_k$  ъгъл на рязане на почвената стружка, продължителността на процеса и моментните стойности на скоростта на рязане.

За  $\lambda=1,1\lambda_{кр}$  процесът на рязане започва по-рано и завършва по-късно, като продължителността на процеса на рязане на почвената стружка е  $t_p=0,118$  s и за  $\lambda=1,7\lambda_{кр}$  -  $t_p=0,104$  s.



**Фиг. 3.** Изменение на скоростта на рязане -  $v_p$

**Fig. 3.** Amendment of cutting speed -  $v_p$

$\lambda$	$v_{p_{max}}$ m/s	$v_{p_{min}}$ m/s	$v_{p_{cp}}$ m/s
1,1 $\lambda_{кр}$	8,38	4,45	6,37
1,7 $\lambda_{кр}$	7,68	5,14	6,42

Повишаване на ефективността на технологичния процес се постига, когато направленията на компонентите  $V_{p_x}$  и  $V_{p_y}$  на скоростта на рязане са насочени към обема на почвената стружка (Miraschiev, 1989).

Диференцирайки параметричните уравнения на движение (1) и (2) спрямо времето, се получават проекциите на скоростта на рязане върху координатни оси  $x$  и  $y$ .

$$\text{Нож А} \begin{cases} v_{p_x} = -u \sin \omega t \\ v_{p_y} = v + u \cos \omega t \end{cases} \quad (4) \quad \text{Нож В} \begin{cases} v_{p_x} = u \sin \omega t \\ v_{p_y} = v - u \cos \omega t \end{cases} \quad (5)$$

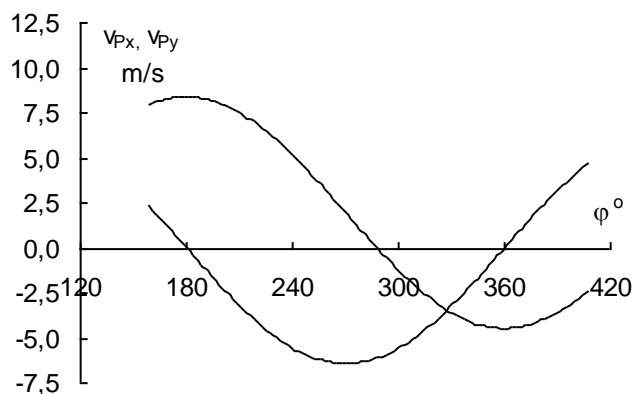
където:  $u=\omega R$  е периферната скорост на ротора.

За избраните посока на въртене ( $\omega > 0$ ), начало на координатна система  $Oxy$  и дефазирание на ножовете, за компонентата на скоростта на рязане  $v_{px}$  е необходимо да бъде изпълнено условието  $v_{px} \leq 0$  (фиг. 4) от началния ъгъл на рязане  $\varphi_H$  на почвената стружка до точката от траекторията, в която координатата  $y_B$  има максимална стойност -  $y_{B_{max}}$ .

За ъгъл на завъртане на ротора в границите  $\varphi_H \leq \varphi \leq \pi$  изискването  $v_{px} < 0$  не може да бъде изпълнено, тъй като за тези стойности на ъгъла на завъртане на ротора  $v_{px} > 0$  и е насочена извън обема на стружката към необработения почвен пласт.

За да определим екстремума на функцията  $y_B$ , е необходимо първата производна  $y'_B = 0$  и когато втората производна  $y''_B < 0$  в тази точка, функцията има максимум.

В случая  $y_{B_{max}} = \frac{D}{2\lambda} \left[ 2\pi - \arccos \frac{1}{\lambda} + \sqrt{\lambda^2 - 1} \right]$  е при ъгъл на завъртане на ротора  $\varphi = \left( 2\pi - \arccos \frac{1}{\lambda} \right)$ . Следователно  $v_{px} \leq 0$  за ъгъл на завъртане на ротора в границите  $\pi \leq \varphi \leq \left( 2\pi - \arccos \frac{1}{\lambda} \right)$ .



**Фиг. 4.** Изменение на компонентите  $v_{px}$  и  $v_{py}$  на скоростта на рязане при  $\lambda=1,1\lambda_{кр}$

**Fig. 4.** Amendment of the components  $v_{px}$  and  $v_{py}$  of the cutting speed at  $\lambda=1,1\lambda_{кр}$

След точката от траекторията, в която координатата  $y_B$  има максимална стойност, до крайния ъгъл на рязане на почвената стружка е необходимо да бъде изпълнено условието  $v_{px} > 0$ , за да е насочена към обема на почвената стружка. Това се постига при ъгли на завъртане на ротора в границите  $2\pi \leq \varphi \leq \varphi_k$ . Следователно в границите  $\varphi_{y_{B_{max}}} \leq \varphi \leq 2\pi$

това изискване не може да бъде изпълнено, тъй като за тези стойности на ъгъла на завъртане на ротора  $v_{p_x} < 0$ .

Следователно компонентата  $v_{p_x}$  на скоростта на рязане е насочена към обема на почвената стружка за ъгли на завъртане на ротора в границите  $\pi \div \left(2\pi - \arccos \frac{1}{\lambda}\right)$  и  $2\pi \pm \varphi_k$ . 62,3% и 57,1% от времето за рязане на почвената стружка компонентата на скоростта на рязане  $V_{p_x}$  е насочена към обема на стружката съответно при  $\lambda=1,1\lambda_{кр}$  и  $\lambda=1,7\lambda_{кр}$ .

За ъгъл на завъртане в границите  $\varphi_H \pm \pi$  и  $\left(2\pi - \arccos \frac{1}{\lambda}\right) \div 2\pi$  компонентата  $v_{p_x}$  е насочена извън обема на почвената стружка към необработения почвен пласт.

Максималната стойност на компонентата  $v_{p_x}$  на скорост на рязане е при ъгъл на завъртане на ротора  $\varphi = \varphi_k$ , а минималната  $v_{p_{xmin}} = -u$  при  $\varphi = 3\pi/2$ .  $v_{p_x} = 0$  при  $\varphi = \pi$  и  $\varphi = 2\pi$ .

За компонентата  $V_{p_y}$  на скоростта на рязане (фиг. 6) е необходимо тя да е насочена срещу постъпателната скорост и да е с по-голяма стойност от нея. Аналитичен израз на това условие е зависимостта  $v_{p_y} \leq 0$ .

След съответните преобразувания за границите на изменение на ъгъла на завъртане на ротора, за които компонентата  $v_{p_y} \leq 0$  на скоростта на рязане се получава  $\left(2\pi - \arccos \frac{1}{\lambda}\right) \leq \varphi \leq \varphi_k$ . 48,0% и 46,6% от времето за рязане на почвената стружка скоростта  $V_{p_y}$  е насочена към обема на стружката съответно при  $\lambda=1,1\lambda_{кр}$  и  $\lambda=1,7\lambda_{кр}$ .

За ъгъл на завъртане на ротора в границите  $\varphi_H \leq \varphi \leq \left(2\pi - \arccos \frac{1}{\lambda}\right)$  изискването за  $v_{p_y} \leq 0$  не може да бъде изпълнено, тъй като за тези стойности на ъгъла на завъртане на ротора  $v_{p_y} > 0$  и е насочена извън обема на почвената стружка към необработения почвен пласт.

Следователно компонентата  $v_{p_y}$  на скоростта на рязане е насочена към обема на почвената стружка за ъгли на завъртане в границите  $\left(2\pi - \arccos \frac{1}{\lambda}\right) \div \varphi_k$ . За ъгли на завъртане в границите  $\varphi_H \div \left(2\pi - \arccos \frac{1}{\lambda}\right)$  е насочена извън обема на почвената стружка в положителната посока на оста

Оу. Максималната стойност на компонентата  $v_{p_{y_{\max}}} = v + u$  на скорост на рязане е при ъгъл на завъртане на ротора  $\varphi = \pi$ , а минималната –  $v_{p_{y_{\min}}} = v - u$  при  $\varphi = 2\pi$ .  $v_{p_y} = 0$  при  $\varphi = \left( 2\pi - \arccos \frac{1}{\lambda} \right)$ .

Компонентите  $v_{p_x}$  и  $v_{p_y}$  на скоростта на рязане са насочени едновременно към обема на почвената стружка за ъгъл на завъртане в границите  $2\pi \pm \varphi_k$  в края на процеса на рязане на почвената стружка, което е 18,9% и 10,5% от времето за рязане на почвената стружка съответно при  $\lambda = 1,1\lambda_{кр}$  и  $\lambda = 1,7\lambda_{кр}$ .

#### ИЗВОДИ

1. За качествено протичане на технологичния процес на ротори с два ножа и вертикална ос на въртене е необходимо кинематичният параметър да се изменя в границите  $3,27 \leq \lambda \leq 5,05$ .

2. Компонентата  $v_{p_x}$  на скоростта на рязане е насочена към обема на почвената стружка за ъгли на завъртане на ротора в границите  $\pi \div \left( 2\pi - \arccos \frac{1}{\lambda} \right)$  и  $2\pi \pm \varphi_k$ .

3. Компонентата  $v_{p_y}$  на скоростта на рязане е насочена към обема на почвената стружка за ъгли на завъртане в границите  $\left( 2\pi - \arccos \frac{1}{\lambda} \right) \div \varphi_k$ .

4. Компонентите  $v_{p_x}$  и  $v_{p_y}$  на скоростта на рязане са насочени едновременно към обема на почвената стружка за ъгъл на завъртане в границите  $2\pi \pm \varphi_k$  в края на процеса на рязане на почвената стружка.

#### REFERENCES

*Guglev, D. A., Rancheva E. L., 2004. Kinematics of vertical rotary soil tillage unit. Agricultural machinery, № 6. Sofia.*

*Guglev, D. A., 2011. Defining the critical kinematic parameters of rotary harrow with vertical axis of rotation. Agricultural science and technology. An international Journal Published by Faculty of Agriculture, Trakia University, Stara Zagora, Bulgaria. Volume 3, Number 3.*

*Miraschiev, B. S., Vassilev S. D., Daskalov D. I., 1989. Machinery for tillage and cultivation. Zemizdat, Sofia.*

*Sineokov, G. N., Panov I. M., 1977. Theory and Design of tillers. M: Machine-building.*

*Shishkov, S., Daskalov D., Kovachev N., Totev N., 1972. Effect of impeller diameter soil processing mill on energy consumption during milling of the soil. Agricultural machinery, 1972, № 6. Sofia.*

**Рецензент – доц. д-р Запрян Запрянов  
E-mail: z.zapryanov@abv.bg**