

CZU 631.332

## STUDIU TEORETIC AL ORGANELOR DE LUCRU DE TIP CUȚIT-DISC ALE MAȘINILOR AGRICOLE

Iurie MELNIC

Universitatea Agrară de Stat din Moldova

**Abstract.** Such conservation technologies as No-till, Mini-till, Strip-till etc., suppose the use of agricultural machines with rotary cutting units for such cultural practices as preparing the soil for planting, shredding and incorporation of crop residues into the soil and weed control. The paper presents a theoretical study of the operating process of the disc cultivator used for weed control (elaborated by the author) with rotary cutting units (dynamic interaction of the rotary blade with the soil, the effect of friction force between the soil and the disc, the coordinates of soil particle relative to mobile coordinate system when rotation is done by an angle  $\alpha$ ) and calculation elements of disc parameters. The main parameter of the developed device is disc diameter (it is chosen depending on the maximum working depth). As a result of the conducted study, we can affirm that the calculated disc diameter (for the working depth of  $h=0,16m$ ) should be  $D_{calc}=0,55m$ . The studied block of rotary blades can be also used in the case of seedling planting machines, seed sowing machines and fertilizer spreading machines.

**Key words:** Agricultural machines; Cultivator; Cutting disc; Dimensions; Diameter; Speed.

**Rezumat.** Tehnologiile conservative No-Til, Mini-Till, Strip-Till etc. presupun folosirea mașinilor agricole cu organe de lucru de tip disc rotativ la efectuarea lucrărilor precum pregătirea solului pentru semănat, mărunțirea și încorporarea în sol a resturilor vegetale și combaterea buruienilor. În articol este prezentat un studiu teoretic al procesului de lucru al cultivatorului prășitor (elaborat de autor) cu organe de lucru de tip cuțit-disc circular (interacțiunea dinamică a cuțitului disc cu solul, acțiunea forțelor de frecare dintre sol și disc, coordonatele particulei de sol în raport cu sistemul mobil de coordonate la rotirea sub un unghi  $\alpha$ ) și elemente de calcul ale parametrilor discului. În construcția elaborată parametrul principal este diametrul discului (ales în funcție de adâncimea maximă de lucru). În urma studiului efectuat se poate afirma, că diametrul calculat al cuțitului-disc (pentru adâncimea de lucru  $h=0,16m$ ) trebuie să fie  $D_{calc}=0,55m$ . Blocul de cuțite-discuri luat în studiu poate fi utilizat de asemenea la mașinile de plantat, semănat și administrat îngrășăminte minerale.

**Cuvinte-cheie:** Mașini agricole; Cultivator; Cuțit-disc; Dimensiuni; Diametru; Viteză.

### INTRODUCERE

Tehnologiile moderne presupun nu numai tehnică agricolă performantă, dar și noi soluții în vederea realizării operațiilor tehnologice cu cheltuieli minime de producție și calitate înaltă. De aceea construcția mașinilor agricole se află într-o permanentă perfecționare. Pe lângă aceasta apar și mașini noi, cu soluții și elaborări constructive noi.

Mașinile agricole cu organe de lucru de tip disc rotativ sunt concepute pentru afânarea creștelor de brazdă, dezmiriștirea câmpurilor după culturi cerealiere, discuirea terenurilor agricole după culturi prășitoare, pregătirea solului către semănat etc. Sarcinile de bază ale acestor mașini sunt păstrarea umidității în sol și combaterea buruienilor.

Tehnologiile conservative no-till, mini-till, strip-till etc. presupun folosirea mașinilor agricole cu organe de lucru de tip disc rotativ la efectuarea lucrărilor agricole precum pregătirea solului pentru semănat, mărunțirea și încorporarea în sol a resturilor vegetale și combaterea buruienilor (Melnic, Iu. 2015). Organele de lucru ale acestor mașini sunt, de regulă, discurile rotative care pot avea forme diferite: plane și sferice, cu muchie lisă sau crestată. Datorită muchiilor crestate discurile realizează o tăiere mai intensă în condiții mai favorabile, tăierea efectuându-se prin alunecare.

### MATERIAL ȘI METODĂ

Parametrii principali ai discului sunt diametrul  $D$  și raza curbării  $r$ . Diametrul  $D$  al discului se alege în funcție de adâncimea maximă de lucru  $h_{max}$  (fig. 2).

Între diametrul discului și adâncimea maximă de lucru  $h_{max}$  există următoarea relație:

$$h_{max} = \frac{D - d}{2} \text{ sau } D = 2h_{max} + d, \quad (1)$$

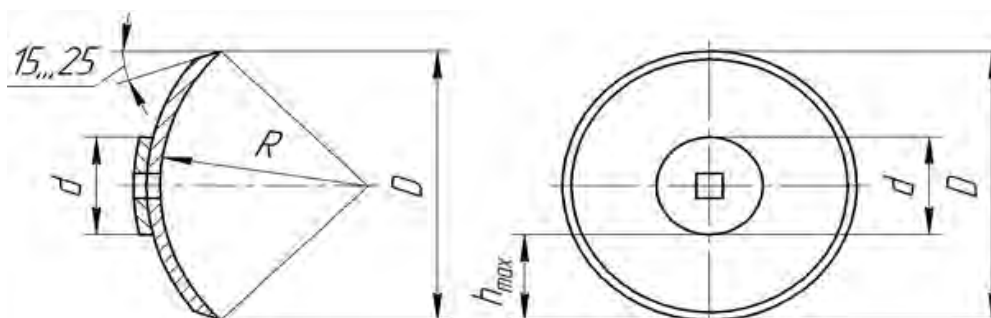


Figura 1. Parametrii principali ai discului sferic

unde  $d$  – diametrul bușei de distanțare dintre discuri.

Conform studiilor efectuate de alți savanți (Rudenko, N.E., 2005), această relație poate fi prezentată astfel:

$$D = k \cdot h_{\max} \quad (2)$$

unde  $k$  – coeficient obținut pe cale experimentală ( $k=4-6$ ).

Dacă în cazul grăării adâncimea maximă este  $h_{\max}=160$  mm, iar la dezmiriștire –  $h_{\max}=120$  mm, atunci, conform relației (2), pentru discurile grapelor  $D = 4 \cdot 160 = 640$  mm, iar pentru discurile dezmiriștitoarelor  $D = 4 \cdot 120 = 480$  mm.

Odată cu mărirea diametrului  $D$  al discului se mărește componenta verticală a reacției solului, astfel reducându-se posibilitatea adâncirii discului în sol (Rudenko, N.E. 2005). Raza  $r$  a curburii determină gradul de mărunțire și răsturnare a solului. Acesta crește odată cu micșorarea razei curburii (Trubilin, E.I. et al. 2008).

În cazul solurilor supuse eroziunii eoliene și celei acvatică se folosesc discuri plane, de tipul cuțitului-disc al plugului, care lucrează solul fără întoarcere, astfel păstrând miriștea. Discul plat poate fi considerat discul la care raza curburii  $r = \infty$ . Iată de ce pentru cuțitele-disc circulare parametrul principal este diametrul  $D$  al discului. Domeniul de utilizare a organelor de lucru de tip cuțit-disc poate fi extins la mașinile de plantat (Melnic, Iu., Bumacov, V. 2004), semănat etc.

În scopul argumentării construcției cultivatorului cu discuri elaborat de Iurie Melnic (2015) se propune un studiu privind procesul de lucru al mașinii de la interacțiunea cuțitului-disc cu solul (fig. 2, 3).

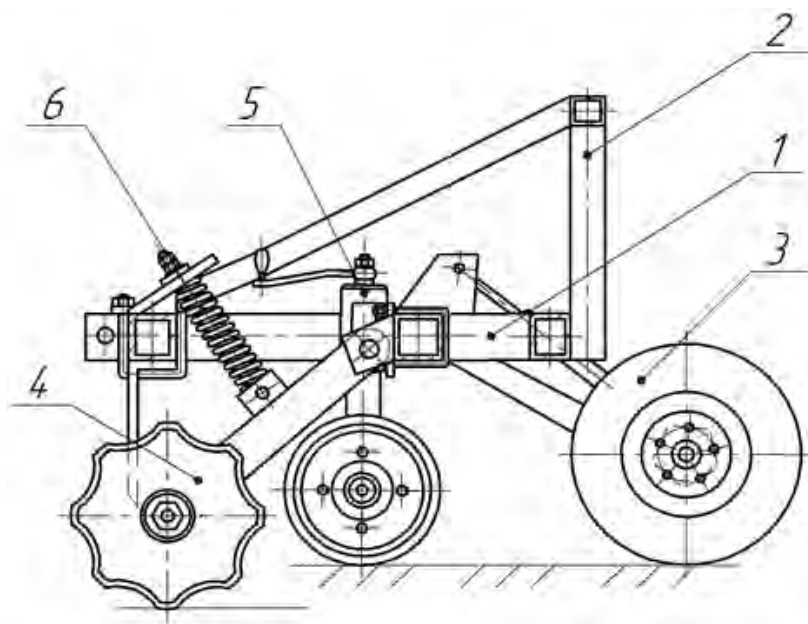
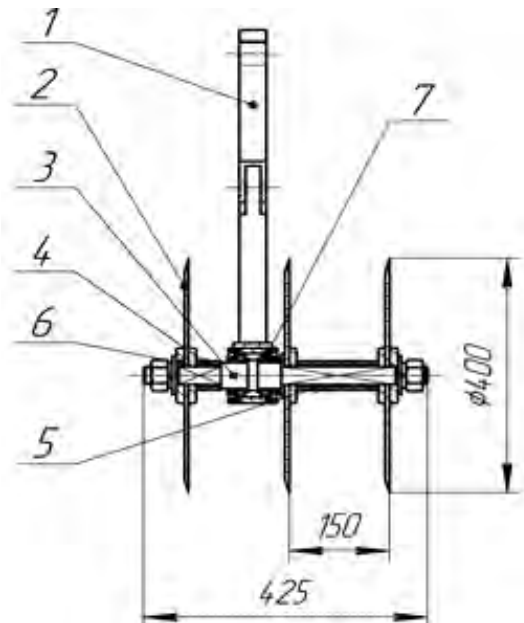


Figura 2. Cultivator prășitor cu organe de lucru de tip cuțit-disc:

1 – cadru; 2 – dispozitiv de prindere; 3 – roți de sprijin; 4 – blocuri cu cuțite-disc; 5 – șurub de reglare a adâncimii; 6 – arcuri de comprimare



**Figura 3.** Bloc de cuțite-discuri al cultivatorului elaborat:

1 – bârșă; 2 – cuțit-disc; 3 – ax; 4, 5 – bucșe; 6 – șaiabă; 7 – rulment

Dacă presupunem că cuțitul-disc este nemișcat, iar solul cu viteza  $V_l$  este orientat asupra lui, atunci discul este impus să se rotească. În timpul  $t$  solul se va deplasa relativ cuțitului-disc pe o distanță  $KK_1=AB$ , iar distanța dintre aceste puncte va fi:

$$KK_1 = AB = V_l t. \quad (3)$$

În acest caz discul va fi impus să se rotească sub un unghi egal cu  $\omega t$  (fig. 5).

Așadar particula din stratul de sol se deplasează față de cuțitul-disc din punctul  $K$  în punctul  $K_1$ . Coordonatele particulei de sol în raport cu sistemul mobil de coordonate  $x_1Oy_1$  și cu cuțitul-disc vor fi:

$$\begin{cases} x_1 = (K_1C + CD) \cdot \cos \omega t \\ y_1 = (BK_1 - BF) \cdot \cos \omega t \end{cases} \quad (4)$$

În continuare pot fi determinate relațiile de calcul al segmentelor  $K_1C$ ,  $CD$ ,  $BK_1$  și  $BF$  din formula (4).

$$K_1C = BO = AO - AB$$

$$K_1C = R \cos \alpha - V_l t, \quad (5)$$

unde  $R$  – raza discului.

Segmentul  $CD$  se află din relația:

$$\frac{CD}{OC} = \operatorname{tg} \omega t; \hat{=} CD = OC \operatorname{tg} \omega t; \hat{=} CD = AK \operatorname{tg} \omega t.$$

Deoarece  $AK = R \sin \alpha$  se obține:

$$CD = R \sin \alpha \operatorname{tg} \omega t \quad (6)$$

$$BK_1 = AK = R \sin \alpha. \quad (7)$$

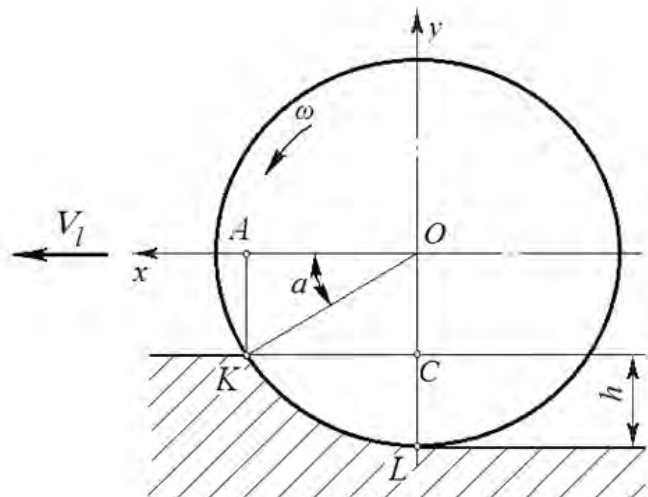
Lucrul blocului cu cuțite-disc (fig. 3) este legat de mișcarea rectilinie și de rotație a acestuia. Rotația discului se realizează de la interacțiunea cuțitului-disc cu solul.

Rotația este rezultatul frecării particulelor solului de suprafața discului. Mai exact, rotația se datorează momentului forței de frecare a particulelor de sol de suprafața discului. De aici rezultă importanța studiului teoretic al interacțiunii dinamice a cuțitului-disc circular plan cu solul.

## REZULTATE ȘI DISCUȚII

În timpul deplasării mașinii se consideră că discul interacționează cu particulele de sol prin intermediul suprafeței laterale a acestuia (fig. 4).

Dacă admitem că după tăierea stratului de sol particulele de sol nu se deplasează în direcția de mișcare a mașinii agricole și nici în lateral, atunci ecuațiile traiectoriei relative descrise de particulă (punctul  $K$ ) pot fi obținute din analiza schemei prezentate în figura 4 (punctul  $K$  este punct de interacțiune a suprafeței solului cu lama cuțitului-disc, iar  $h$  este adâncimea de lucru).



**Figura 4.** Schema interacțiunii dinamice a cuțitului-disc cu solul (momentul inițial):

$K$  – punct de interacțiune cu suprafața solului;  $L$  – punct de interacțiune cu suprafața solului la adâncimea de lucru  $h$

Segmentul  $BF$  se determină din triunghiul dreptunghic  $OBF$ :

$$\frac{BF}{OB} = \operatorname{tg} \omega t; \hat{=} BF = OB \times \operatorname{tg} \omega t.$$

Fiindcă  $OB = K_1C$ , se obține:

$$BF = (R \cos \alpha - V_1 t) \times \operatorname{tg} \omega t. \quad (8)$$

Unghiul  $\alpha$  se află din figura 4 și anume:

$$\sin \alpha = \frac{R - h}{R},$$

unde  $h$  - distanța de la fundul brazdei până la particulă (punctul  $K$ ).

De aici

$$\alpha = \arcsin \frac{R - h}{R}. \quad (9)$$

Înlocuind (5), (6), (7) și (8) în relația (4) se obține:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = (R \cos \omega - V_1 t) \cdot \cos \omega t + R \sin \omega \cdot \sin \omega t \\ \dot{y}_1 = (R \cos \alpha - V_1 t) \cdot \sin \omega t - R \sin \alpha \cdot \cos \omega t \end{cases} \quad (10)$$

Relația (10) reprezintă coordonatele particulei de sol în raport cu sistemul mobil de coordonate  $x_1 O y_1$ .

Viteza relativă a particulei de sol se determină din relația următoare:

$$V_r = V_1 \sqrt{1 + k^2 - 2k(\sin \alpha + \omega t \times \cos \alpha) + \omega^2 t^2}, \quad (11)$$

unde  $k$  - coeficient egal cu  $k = \frac{\omega R}{V_1}$ .

Accelerația relativă a particulei de sol se determină prin relația:

$$a_r = \frac{dV_r}{dt}. \quad (12)$$

Accelerația relativă a particulei de sol va fi:

$$a_r = \frac{V_1 \omega (\omega t - k \cos \alpha)}{\sqrt{1 + k^2 - 2k(\sin \alpha + \omega t \times \cos \alpha) + \omega^2 t^2}}. \quad (13)$$

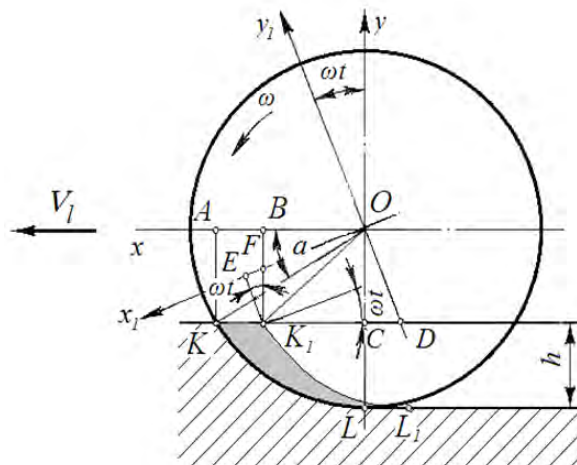
Din figura 5 reiese că forțele de frecare ce contribuie la rotirea cuțitului-disc se află în zona figurii  $KK_1LL_1$ . Aceste forțe acționează cel mai mult în zona  $KK_1$  și mai puțin - în  $LL_1$ , iar în jurul punctului  $L_1$  acțiunea forțelor de frecare ce contribuie la rotirea cuțitului-disc este egală cu zero (fig. 5). Toate aceste aspecte trebuie luate în considerare la proiectarea organelor de lucru de tip cuțit-disc rotativ ale mașinilor agricole.

În construcția elaborată de Iurie Melnic (2015), o mare importanță o au dimensiunile organelor de lucru care taie solul până la adâncimea de 16 cm. Conform studiului preventiv, diametrul cuțitului-disc ar trebui să fie ales egal cu  $\approx 0,40-0,45$  m.

Cuțitul-disc se alege cu muchia lisă, iar setul de utilaje trebuie să fie dotat și cu cuțite-disc cu creștături mici și esențiale. Aceasta permite de a îndeplini o gamă mai largă de lucrări și asigurarea cu precizie mai mare a condițiilor optime de realizare a lor. Grosimea discului se alege în funcție de rezistența și structura solului, dar nu mai mult de 20 mm.

Conform datelor cercetărilor științifice în domeniu (Rudenko, N.E. 2005), unghiul  $\alpha$  din formula (9) trebuie să se afle în limitele  $\alpha = 25-30^\circ$ .

Pentru adâncimea de lucru  $h = 0,16$  m a cuțitului-disc al cultivatorului elaborat de Iurie Melnic (2015), raza calculată  $R_{calc}$  a discului se determină din relația:



**Figura 5.** Schema interacțiunii dinamice a cuțitului-disc cu solul (în timpul  $t$ ):

$K_1$  - poziția particulei de sol (punctul  $K$ ) după ce cuțitul-disc s-a rotit sub un unghi  $\omega t$ ;  $L_1$  - poziția nouă a particulei de sol de la adâncimea de lucru  $h$

$$R_{calc} \sin \alpha = R_{calc} - h$$

$$R_{calc} (1 - \sin \alpha) = h \quad (14)$$

În final, raza cuțitului-disc rezultă din formula:

$$R_{calc} = \frac{h}{1 - \sin \alpha}, \quad (15)$$

iar diametrul calculat este:

$$D_{calc} = \frac{2 \cdot h}{1 - \sin \alpha} = \frac{2 \cdot 0,16}{1 - \sin 30^\circ} = 0,55 \text{ m} \quad (16)$$

Așadar, în urma studiului efectuat, putem afirma că diametrul calculat al cuțitului-disc proiectat trebuie să fie  $D_{calc} = 0,55 \text{ m}$ .

## CONCLUZII

1. Studiul teoretic privind cuțitul-disc proiectat a permis obținerea relației de calcul al coordonatelor  $x_1$  și  $y_1$  ale particulei de sol în sistemul mobil de coordonate  $X_1 O Y_1$  la rotirea sub un unghi  $\alpha$ .
2. Forțele de frecare care contribuie la rotirea cuțitului-disc proiectat depind de nivelul de poziționare a particulei în stratul de sol, care se caracterizează prin mărimea unghiului  $\alpha$ .
3. Forma geometrică a creștăturii muchiei cuțitului-disc se presupune a fi determinată de valorile momentelor  $M$ , care apar de la acțiunea forței de frecare  $\overline{F}_{fr}$  a solului pe suprafața cuțitului-disc.
4. În urma studiului efectuat, diametrul  $D_{calc}$  al cuțitului-disc proiectat trebuie să fie egal cu  $D_{calc} = 0,55 \text{ m}$ .
5. Domeniul de utilizare a organelor de lucru de tip cuțit-disc poate fi extins la mașinile de plantat, semănat și administrat îngrășăminte minerale.

## REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

1. ARTOBOLEVSKI, I. (1992). Teoria mecanismelor și a mașinilor. Chișinău: Știința. 607 p.
2. DOBRONRAVOV, V.V., NIKITIN, N.N. (1983). Kurs teoretičeskoj mehaniki. Moskva: Vysšaâ škola. 576 s.
3. MELNIC, Iu., BUMACOV, V. (2004). Mașină de plantat răsaduri: brevet MD nr. 2371 din 29.02.2004. In: Buletinul Oficial de Proprietate Intelectuală (BOPI), nr. 2.
4. MELNIC, Ū. (2015). Puti rešeniâ problem obrabotki počvy pod ovošnye rassadnye kul'tury. V: Konstruivaniâ, virobnictvo ta ekspluataciâ sil'skogospodars'kih mašin: Zagal'noderžavnyj mižvid. nauk.-tehnič. zb., vip. 45, č. 1. Kirovograd: KNTU, s. 91-96. ISSN 2414-3820.
5. RUDENKO, N.E. (2005). Mehanizaciâ obrabotki počvy. Stavropol': StGAU „Agrus”. 112 s. ISBN 5-9596-02-09-1.
6. TRUBILIN, E.I. i dr. (2008). Sel'skohozâjstvennye mašiny (konstrukciâ, teoriâ i rasčet): učeb. posobie. Č. 1. Krasnodar: KGAU. 200 s.

Data prezentării articolului: 04.11.2016

Data acceptării articolului: 14.12.2016