Biblid: 0350-2953 (2014) 40(2): 107-116
UDK: 658.2

Originalni naučni rad
Original scientific paper

**KRITIČNA VREDNOST UGLA POSTAVLJANJA NOŽAPRI
SUPROTNOSMERNOM OBRRTANJU ROTORA ROTACIONE SITNILICE
KNIFE SETTING ANGLE CRITICAL VALUE IN THE CASE OF REVERSE
ROTOR ROTATION DIRECTION**

Ponjičan O, Radomirović D, Bajkin A, Zoranović M, Ivanišević M

¹Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Trg Dositeja Obradovića 8, Novi Sad
e-pošta: ponio@polj.uns.ac.rs

SAŽETAK

U radu je naveden postupak određivanja udaljenosti tačaka noža od trajektorije njegovog vrha i kritična vrednost ugla postavljanja noža pri suprotnosmernom obrtanju rotora rotacione sitnilice. U zavisnosti od promene radne brzine u granicama od 0,43 do 1,08 m/s kritična vrednost ugla postavljanja krila noža γ kreće se u granicama 75,11° do 69,24°. Niže vrednosti ugla postavljanja krila noža izračunate su za veće vrednosti radne brzine. Poznavanjem vrednosti ugla postavljanja krila noža γ može se odrediti oblast primene već postojećih rotacionih sitnilica, a nove konstrukcije rotacionih sitnilica sa noževima montiranim pod optimalnim uglom postavljanja mogu da ostvare rezanje pri minimalnim vrednostima ugla rezanja što bi dovelo do sniženja vrednosti energije angažovane za obradu rotacionom sitnilicom.

Računanjem rastojanja pojedinih tačaka na zadnjem delu noža od tačke izlaska noža na površini zemljišta preduslov je za izračunavanje optimalnog oblika krila noža, sa stanovišta eliminacije nepotrebnog trenja sa zadnjim delom noža o neobrađeno zemljište.

Cljučne reči: obrada zemljišta, rotaciona sitnilica, ugao postavljanja krila noža, ugao rezanja

1. UVOD

Na nožu "L" tipa rotacione sitnilice razlikuju se tri dela: vertikalni deo (nosač), zakrivljeni deo i horizontalni podrezujući deo (krilo), (Marković, 1994). Ugao između poluprečnika rotora i gornjeg dela krila noža naziva se ugao postavljanja noža γ i on ima konstantnu vrednost. Ukoliko se od ugla između poluprečnika rotora i tangente na trohoidu oduzme ugao postavljanja noža γ dobije se ugao rezanja ε (Matjašin et al, 1988). Povećanjem vrednosti ugla postavljanja noža γ smanjuje se ugao rezanja ε . Kod rotacionih radnih alata ugao rezanja ε se stalno menja.

Ugao rezanja raonika kod plugova, kultivatorskih motičica i drugih radnih organa sa pravolinijskim kretanjem, za minimalnu angažovanu energiju kreće su granicama 20–30° (Matjašin et al, 1988). Kod rotacionih radnih alata ugao rezanja ε ima znatno veću vrednost pa je to jedan od razloga povećanja angažovane energije pri njihovom radu.

Obimna radna brzina, radna dubina, broj obrtaja rotora, prečnik i smer obrtanja rotora rotacione sitnilice, predstavljaju parametre na osnovu kojih treba definisati vrednost ugla postavljanja krila noža γ (Ponjičan i dr, 2013).

Za rešenje problema ugla postavljanja noža i oblika noža, da bi se eliminisalo trenje noža i neodrezanog dela plastice, predlaže se trodimenzionalna simulacija kretanja noža različitog oblika pri različitim režimima rada (Marković, 1994; Ros et al, 1995; Saimbhi et al, 2004; Celik and Altikat, 2008; Asl and Singh, 2009). Saimbhi et al, (2004) su pomoću metode trodimenzionalnih kompjuterskih grafika razvili oblik sečiva noža koji svojom zadnjom stranom neće dodirivati neobrađeno zemljište. Modifikacija noža izvedena je za granični slučaj: minimalna vrednost broja obrtaja rotora od 180 min^{-1} i maksimalna vrednost radne brzine $3,5 \text{ km/h}$.

Problematicom određivanja optimalne vrednosti ugla postavljanja noža i ugla rezanja sa aspekta minimalne energije angažovane za obradu zemljišta pri suprotnosmernom obrtanju rotora i dubokoj obradi zemljišta navode *Rupaslnqhe and Jaijasuriya*, (2006). Navedeni autori su poredili noževe sa uglom postavljanja krila noža $65, 55, 45$ i 35° . Za ugao postavljanja noža od 55° dobijeni su najbolji rezultati usitnjavanja zemljišta izmereni preko zapreminske mase i penetrometrijskog otpora konusa.

U pogledu angažovane energije rotaciona sitnilica sa suprotnosmernim obrtanjem rotora u odnosu na istosmerno obrtanje, pokazala je bolje rezultate u zavisnosti od stanja zemljišta i biljnih ostataka u granicama od $5,3\text{--}44,9\%$ (Ponjičan 2009; Ponjičan et al, 2011). Takođe su utvrđene i statistički značajne razlike prilikom analize kvaliteta obrade zemljišta (Bajkin et al, 2013).

Pri obradi zemljišta rotacionom sitnilicom dolazi do prekomernog angažovanja energije i do vibracija rotora i cele mašine, ukoliko zadnji deo noža udara, klizi i sabija zemljište.

2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj istraživanja bio je da se što preciznije odredi rastojanje tačaka noža od trajektorije njegovog vrha i kritična vrednost ugla postavljanja noža pri suprotnosmernom obrtanju rotora rotacione sitnilice. Dobijeni rezultati mogu poslužiti pri određivanju oblasti primene postojećih rotacionih sitnilica, kao i pri konstruisanju i izradi novih, jer postavljanjem noža pod optimalnim uglom može se ostvariti rezanje pri minimalnim vrednostima ugla rezanja što bi dovelo do sniženja vrednosti energije angažovane za obradu zemljišta pomenutom mašinom.

3. MATERIJAL I METOD

U poljskim uslovima ispitivana je klasična rotaciona sitnilica radnog zahvata $1,3 \text{ m}$, i broja noževa na disku orijentisanih na istu stranu $z = 3$ (Ponjičan i sar. 2012). Ostali relevantni podaci za analizu udaljenja tačaka noža od trajektorije njegovog vrha i kritična vrednost ugla postavljanja noža pri istosmernom obrtanju rotora: $a = 0,1 \text{ m}$; $v_m = 1,08 \text{ m/s}$; $\omega = 16,038 \text{ s}^{-1}$; $R = 0,25 \text{ m}$, $L = 0,035 \text{ m}$; $L_f = 0,0085 \text{ m}$; $i = 28^\circ$; $\theta = 13^\circ$ i $\gamma = 58^\circ$. Za rešavanje jednačina i crtanje krivih korišćen je programski paket "Scientific work place" (Radomirović i dr. 2006, 2008, 2009 i 2010).

4. REZULTATI ISPITIVANJA I DISKUSIJA

Parametarske jednačine trajektorije vrha noža za izabrani koordinatni sistem imaju oblik:

$$x(t) = x_A(t) = v_m \cdot t + R \cdot \sin \omega t, \quad (1)$$

$$y(t) = y_A(t) = R - R \cdot \cos \omega t. \quad (2)$$

Treba napomenuti da je koordinatni sistem tako postavljen da mu je početak u tački gde se vrh noža nalazi na radnoj dubini a . Smer obrtanja je suprotan od kretanja kazaljke na satu.

Trajektorije druge dve tačke noža (B i C) kao i međusobni odnos trajektorija tačaka A , B i C dobiće se korišćenjem veličina Δx_B i Δy_B (sl. 1), i slično njima, veličina Δx_C i Δy_C .

Sl. 1. Karakteristične tačke na nožu, dimenzije i uglovi
Fig. 1. Characteristic knife points, dimensions and angles

Veličine Δx_B i Δy_B (sl. 1) definišu izrazi

$$\Delta x_B = \xi_B \sin \omega t + \eta_B \cos \omega t, \quad (3)$$

$$\Delta y_B = \xi_B \cos \omega t - \eta_B \sin \omega t, \quad (4)$$

gde pomoćne geometrijske veličine ξ_B i η_B iznose

$$\xi_B = L_1 \cos(\gamma + i) + L \cos \gamma, \quad (5)$$

$$\eta_B = L_1 \sin(\gamma + i) + L \sin \gamma. \quad (6)$$

Slično prethodnom, veličine Δx_C i Δy_C definišu izrazi

$$\Delta x_C = \xi_C \sin \omega t + \eta_C \cos \omega t, \quad (7)$$

$$\Delta y_C = \xi_C \cos \omega t - \eta_C \sin \omega t, \quad (8)$$

gde pomoćne geometrijske veličine ξ_C i η_C iznose

$$\xi_C = L_1 \cos(\gamma + i) + L \cos \gamma + L \cos(\gamma - \theta), \quad (9)$$

$$\eta_C = L_1 \sin(\gamma + i) + L \sin \gamma + L \sin(\gamma - \theta). \quad (10)$$

Jednakosti (1-10) definišu parametarske jednačine trajektorija tačaka B i C , preko njihovih pomenosti u odnosu na tačku A . Tako se dobija da parametarske jednačine trajektorije tačke B imaju oblik

$$x_B(t) = x(t) - \Delta x_B(t) = v_m \cdot t + R \cdot \sin \omega t - \xi_B \sin \omega t - \eta_B \cos \omega t, \quad (11)$$

$$y_B(t) = y(t) + \Delta y_B(t) = R - R \cdot \cos \omega t + \xi_B \cos \omega t - \eta_B \sin \omega t, \quad (12)$$

a tačke C , oblik

$$x_C(t) = x(t) - \Delta x_C(t) = v_m \cdot t + R \cdot \sin \omega t - \xi_C \sin \omega t - \eta_C \cos \omega t, \quad (13)$$

$$y_C(t) = y(t) + \Delta y_C(t) = R - R \cdot \cos \omega t + \xi_C \cos \omega t - \eta_C \sin \omega t. \quad (14)$$

Da se ne bi dogodilo da nož leđnim delom ima kontakt sa neobrađenim zemljištem trajektorije tačaka A , B i C ne smeju da se seku u radnoj oblasti. Od suštinskog značaja je definisanje udaljenosti tačke B od trajektorije vrha noža (sl. 2) f_B , i slično tome, udaljenosti tačke C (f_C).

Sl. 2. Udaljenost tačke B od trajektorije vrha noža (f_B)

Fig. 2. Distance between B point and top of the knife trajectory (f_B)

Dobijanje tačnih izraza za ove udaljenosti matematički je veoma složeno, tako da će se u ovom radu prikazati način kako doći do njihovih približnih izraza, visokog nivoa tačnosti, i za praktičnu primenu prihvatljivih.

Zapravo radi se o aproksimaciji trohoide za ma koje vrednosti parametra t odgovarajućim krugom čiji je poluprečnik jednak poluprečniku krivine putanje na tom mestu a centar kruga se nalazi na normali. To rešenje je znatno kvalitetnije od rešenja u kojem bi se trohoida zamenila pravom (linearnom funkcijom) koja se poklapa sa tangentom u tački A , iz razloga što uključuje i nelinearne članove. Kvalitet dobijenog rešenja biće utoliko veći ukoliko su veličine Δx_B i Δy_B u odnosu na poluprečnik krivine ρ manje.

Projekcije apsolutne brzine tačke A na koordinatne ose u funkciji vremena dobijaju se preko prvog izvoda jednačina (1-2):

$$\dot{x}(t) = v_m + R\omega \cos \omega t, \quad (15)$$

$$\dot{y}(t) = R\omega \sin \omega t. \quad (16)$$

S obzirom da je tangens ugla φ (sl. 1 i 2), koji tangenta na krivu gradi sa apscisnom osom, jednak prvom izvodu funkcije $y(x)$,

$$\tan \varphi = \frac{dy}{dx} = \frac{\dot{y}}{\dot{x}},$$

njegova vrednost u funkciji vremena, s obzirom na jednakosti (15-16), ima oblik

$$\tan \varphi(t) = \frac{R\omega \sin \omega t}{v_m + R\omega \cos \omega t}. \quad (17)$$

Na osnovu (17), veze između trigonometrijskih funkcija daju:

$$\sin \varphi(t) = \frac{R\omega \sin \omega t}{\sqrt{v_m^2 + 2Rv_m\omega \cos \omega t + R^2\omega^2}}, \quad (18)$$

$$\cos \varphi(t) = \frac{v_m + R\omega \cos \omega t}{\sqrt{v_m^2 + 2Rv_m\omega \cos \omega t + R^2\omega^2}}. \quad (19)$$

Na osnovu (15-16), i formule

$$v = \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2},$$

intenzitet brzine u funkciji vremena definiše izraz

$$v(t) = \sqrt{v_m^2 + 2Rv_m\omega \cos \omega t + R^2\omega^2}. \quad (20)$$

Projekcije apsolutnog ubrzanja tačke A na koordinatne ose u funkciji vremena dobijaju se preko drugog izvoda jednačina (1-2):

$$\ddot{x}(t) = -R\omega^2 \sin \omega t, \quad (21)$$

$$\ddot{y}(t) = R\omega^2 \cos \omega t. \quad (22)$$

Formula za normalno ubrzanje tačke A

$$w_n = \frac{\ddot{x}\ddot{y} - \dot{x}\ddot{x}}{v},$$

s obzirom na jednakosti (15-16) i (20-22), daje njegovu zavisnost od vremena

$$w_n(t) = \frac{(v_m \cos \omega t + R\omega)R\omega^2}{\sqrt{v_m^2 + 2Rv_m\omega \cos \omega t + R^2\omega^2}}. \quad (23)$$

Formula za poluprečnik krivine putanje tačke A

$$\rho = \frac{v^2}{w_n},$$

s obzirom na jednakosti (20) i (23), daje njegovu zavisnost od vremena

$$\rho(t) = \frac{(v_m^2 + 2Rv_m\omega \cos \omega t + R^2\omega^2)^{3/2}}{(v_m \cos \omega t + R\omega)R\omega^2}. \quad (24)$$

Projektovanje dužina ρ i $\rho-f_B$ na horizontalu i vertikalnu (sl. 2) daje jednakosti:

$$(\rho - f_B)\sin(\varphi - \Delta\varphi_B) = \rho \sin \varphi - \Delta x_B,$$

$$(\rho - f_B)\cos(\varphi - \Delta\varphi_B) = \rho \cos \varphi - \Delta y_B.$$

Kvadriranje pa sabiranje ovih jednakosti lako daje da izraz za udaljenje tačke B od trajektorije tačke A definiše formula

$$f_B = \rho - \sqrt{(\rho \sin \varphi - \Delta x_B)^2 + (\rho \cos \varphi - \Delta y_B)^2}. \quad (25)$$

Na isti način, udaljenje tačke C od trajektorije tačke A definiše formula

$$f_C = \rho - \sqrt{(\rho \sin \varphi - \Delta x_C)^2 + (\rho \cos \varphi - \Delta y_C)^2}. \quad (26)$$

Analiza izraza (25-26) govori da se kod suprotnosmernog obrtanja rotora rastojanja f_B i f_C smanjuju tokom vremena tako da su pri ulasku u zemljište njihove vrednosti najveće a pri izlasku najmanje.

Trenutak vremena $t_k = t_{Ak}$, kada vrh noža A napušta nivo zemljišta, na osnovu uslova $y(t_k) = a$ i jednakosti (2), definiše izraz

$$R - R \cos \omega t_k = a \Rightarrow t_k = \frac{1}{\omega} \arccos \frac{R-a}{R}, \sin \omega t_k = \frac{\sqrt{2Ra-a^2}}{R}. \quad (27)$$

Trenutak vremena t_{Bk} , sa vrednošću u okolini t_k , kada tačka B napušta nivo zemljišta, na osnovu uslova $y(t_{Bk}) = a$ i jednakosti (12), definiše nelinearna algebarska jednačina

$$R - R \cdot \cos \omega t_{Bk} + \xi_B \cos \omega t_{Bk} - \eta_B \sin \omega t_{Bk} = a, \quad (28)$$

koji se može svesti na sledeću kvadratnu jednačinu po $\cos \omega t_{Bk}$:

$$((R - \xi_B)^2 + \eta_B^2) \cos^2 \omega t_{Bk} - 2(R-a)(R - \xi_B) \cos \omega t_{Bk} + (R-a)^2 - \eta_B^2 = 0.$$

Pošto će matematičkim rečnikom ova kvadratna jednačina dati dva rešenja pravo rešenje će biti ono za koje je t_{Bk} malo veće od t_k iz razloga što tačka B napušta nivo zemljišta posle tačke A .

Trenutak vremena t_{Ck} , sa vrednošću u okolini t_k , kada tačka C napušta nivo zemljišta, na osnovu uslova $y(t_{Ck}) = a$ i jednakosti (14), definiše izraz

$$R - R \cdot \cos \omega t_{Ck} + \xi_C \cos \omega t_{Ck} - \eta_C \sin \omega t_{Ck} = a,$$

koji se može svesti na sledeću kvadratnu jednačinu po $\cos \omega t_{Ck}$:

$$((R - \xi_C)^2 + \eta_C^2) \cos^2 \omega t_{Ck} - 2(R-a)(R - \xi_C) \cos \omega t_{Ck} + (R-a)^2 - \eta_C^2 = 0. \quad (29)$$

Pošto će i ova kvadratna jednačina dati dva rešenja, pravo rešenje će biti ono za koje je t_{Ck} malo veće od t_k i od t_{Bk} iz razloga što tačka C napušta nivo zemljišta posle tačaka A i B .

Sl. 3. Definicija rastojanja f_B^* i f_C^*
Fig. 3. Definition of f_B^* and f_C^* distance

Najmanja vrednost za rastojanje f_B , označeno je sa f_B^* (sl. 3), dobija se uvrštavanjem vremena t_{Bk} , definisanog u skladu sa jednačinom (28), u izraz (25). Približna kritična vrednost ugla postavljanja γ dobija se izjednačavanjem rastojanja f_B^* sa nulom. Dakle, približnu kritična vrednost ugla postavljanja noža γ_{kr} kao i trenutak vremena t_{Bk} , kada se tačka B, na izlasku iz nivoa zemljišta, nalazi na putanji tačke A, predstavljaju rešenje sledećeg sistema nelinearnih algebarskih jednačina:

$$R - a - [(R - \xi_B) \cdot \cos \omega t + \eta_B \sin \omega t]_{\substack{t=t_{Bk} \\ \gamma=\gamma_{kr}}} = 0, \quad (30)$$

$$f_B^* = \left[\rho - \sqrt{(\rho \sin \varphi - \Delta x_B)^2 + (\rho \cos \varphi - \Delta y_B)^2} \right]_{\substack{t=t_{Bk} \\ \gamma=\gamma_{kr}}} = 0. \quad (31)$$

Ovde je bilo reči o približnoj kritičnoj vrednosti ugla postavljanja noža (a ne tačnoj) iz razloga što je udaljenje definisano izrazom (25), mada visokog nivoa tačnosti, ipak približno. Moguće je dobiti i tačnu kritičnu vrednost ovog ugla zamenom nelinearne algebarske jednačine (31) sledećom

$$\left[v_m \cdot t + (R - \xi_B) \sin \omega t - \eta_B \cos \omega t \right]_{\substack{t=t_{Bk} \\ \gamma=\gamma_{kr}}} - v_m \frac{1}{\omega} \arccos \frac{R-a}{R} - \sqrt{2Ra-a^2} = 0. \quad (32)$$

Za dobijanje jednačine (32) iskorišćene su jednakosti (1), (11) i (27) i činjenica da za tačno rešenje mora biti zadovoljen uslov

$$x_B(t_{Bk}) - x(t_k) = 0. \quad (33)$$

Dakle, tačnu kritična vrednost ugla postavljanja noža γ_{kr} kao i trenutak vremena t_{Bk} , kada se tačka B, na izlasku iz nivoa zemljišta, nalazi na putanji tačke A, predstavljaju rešenje sistema nelinearnih algebarskih jednačina (30) i (32).

Rešavanje ovih sistema, u približnoj ili tačnoj varijanti, vrši se numerički uz pomoć nekog od kompjuterskih programa.

Ugao postavljanja noža γ treba izabrati tako da zadovoljava uslov

$$\gamma \leq \gamma_{kr}, \quad (34)$$

jer za $\gamma > \gamma_{kr}$ dolazi do nepoželjnog kontakta tačke B sa neobradjenim delom zemljišta.

Najmanja vrednost za rastojanje f_C , označavaćemo je sa f_C^* (sl. 3), dobija se uvrštavanjem vremena t_{Ck} u izraz (26), dakle

$$f_C^* = \left[\rho - \sqrt{(\rho \sin \varphi - \Delta x_C)^2 + (\rho \cos \varphi - \Delta y_C)^2} \right]_{t=t_{Ck}}. \quad (35)$$

Ovo rastojanje, na koje veliki uticaj ima ugao θ , za dobro izabran ugao postavljanja noža mora da zadovolji uslov

$$f_C^* \geq 0, \quad (36)$$

da ne bi došlo do nepoželjnog kontakta tačke C sa neobradjenim delom zemljišta.

Taj uslov je gotovo uvek ispunjen zbog toga što je konstrukciona vrednost ugla θ višestruko veći od vrednosti za koju bi mogla biti narušena nejednakost (36).

Na slici 4 prikazane su trajektorije tačaka A , B i C do trenutka izlaska tačke A iz zemljišta za podatke: $a = 0,1$ m, $v_m = 1,08$ m/s, $\omega = 16,038$ s⁻¹, $R = 0,25$ m, $L = 0,035$ m, $L_I = 0,0085$ m, $i = 28^\circ$, $\theta = 13^\circ$ i $\gamma = 58^\circ$. Sa ove slike se jasno vidi postepeno smanjivanje rastojanja između trajektorija tačaka A , B i C od ulaska u radnu oblast do izlaska iz nje.

Sl. 4. Položaj noža u toku rezanja plastice

Fig. 4. The knife position during slice cutting

U skadu sa izloženom teorijom, numerički izračunate kritične vrednosti ugla postavljanja noža, prikazane su u Tabeli 1. U istoj tabeli prikazana su i rastojanja f_C^* , koja odgovaraju kritičnim vrednostima ugla γ , kao o odgovarajuće vrednosti vremena t , bitnih za proračun. Trenutak vremena kada vrh noža izlazi iz zemljišta, izračunat prema formuli (27) iznosi $t_k = 0,05782$ s.

Tab. 1. Kritične vrednosti ugla postavljanja noža i udaljenost zadnjeg dela noža od trajektorije vrha noža

Tab. 1. Blade angel critical value setting and distance between back part and blade trajectory

Radna brzina v_m , m/s Working speed v_m , m/s	0,43	0,55	0,77	1,08
Približne kritične vrednosti ugla postavljanja noža γ_{kr} , ° Angle setting approximate values γ_{kr} , °	75,08	73,89	71,83	69,18
Tačne kritične vrednosti ugla postavljanja noža γ_{kr} , ° Angle setting exact values γ_{kr} , °	75,11	73,93	71,88	69,24
Rastojanja f_C^* za približno $\gamma = \gamma_{kr}$, mm Distance f_C^* for approximate $\gamma = \gamma_{kr}$, mm	6,620	6,882	7,382	8,110
Trenutak vremena kada tačka B dolazi na površinu zemljišta, s A moment of time when point B comes to the soil surface, s	0.0679	0.0677	0.0674	0.0669
Trenutak vremena kada tačka C dolazi na nivo zemljišta, s A moment of time when point C comes to the soil surface, s	0.0749	0.0745	0.0739	0.0730

5. ZAKLJUČAK

Postupak određivanja rastojanja tačaka noža od trajektorije njegovog vrha i kritična vrednost ugla postavljanja noža pri suprotnosmernom obrtanju rotora rotacione sitnilice prikazani su u radu. Promena radne brzine u granicama od 0,43 do 1,08 m/s, rezultovala je promenom kritične vrednosti ugla postavljanja noža γ u granicama od 75,11° do 69,24°. Niže vrednosti ugla postavljanja krila noža izračunate su za veće vrednosti radne brzine. Poznavanjem vrednosti ugla postavljanja krila noža γ može se odrediti oblast primene već postojećih rotacionih sitnilica, a nove konstrukcije rotacionih sitnilica sa noževima montiranim pod optimalnim uglom postavljanja mogu da ostvare rezanje pri minimalnim vrednostima ugla rezanja što bi dovelo do sniženja vrednosti energije angažovane za obradu rotacionom sitnilicom.

6. LITERATURA

- [1] Asl J H, Singh S. (2009): Optimization and evaluation of rotary tiller blades: Computer solution of mathematical relations. *Soil Till. Res.* 106: 1-7.
- [2] Bajkin A, Radojčin M, Ponjičan O, Radomirović D. (2013). Energy aspects of the rotary tiller rotor rotation direction in soil tillage. *Journal on processing and energy in agriculture*, 17(3): 115-119.
- [3] Celik A, Altikat S. (2008). Geometrical Analysis of the Effects of Rotary Tiller Blade Path on the Distribution of Soil Slice Size. *Applied Engineering in Agriculture* 24(4): 409-413.
- [4] Marković D, Mančić J, Đekić I. (1994): Kompjutersko projektovanje i optimizacija aktivnih radnih organa za obradu zemljišta. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 20 (3): 114-118.
- [5] Marković D, Mančić J, Đekić I. 1994. Kompjutersko projektovanje i optimizacija aktivnih radnih organa za obradu zemljišta. *Savremena poljoprivredna tehnika*. 20(3): 114-118.
- [6] Матяшин Ю. И, Гринчук И. М, Егоров, Г. М. 1988. Расчет и проектирование потационных машин, Агропромиздат, Москва.
- [7] Pálitk J, Findura P, Polc M. 2003. Stroje pre rastlinnú výrobu, obrábanie pôdy, sejba. Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre (1-241).
- [8] Ponjičan O. (2009). Analiza parametara mašine za formiranje mini gredica pri proizvodnji korenastog povrća. Doktorska disertacija. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivrednifakultet, Novi Sad, Srbija.
- [9] Ponjican O, Bajkin A, Dimitrijevic A, Savin L, Tomic M, Simikic M, Dedovic N, Zoranovic M. (2011). The effects of working parameters and tillage quality on rotary tiller specific work requirement. *African Journal of Agricultural Research*, 6(31): 6513-6524.

- [10] Ponjičan O, Bajkin A, Findura P, Pristavka M. (2012). Uticaj smera obrtanja rotora rotacione sitnilice na kvalitet obrade zemljišta. Savremena poljoprivredna tehnika, 38(4), 317-326.
- [11] Ponjičan O, Radomirović D, Bajkin A, Zoranović M, Ivanišević M. (2013). Kritična vrednost ugla postavljanja noža pri istosmernom obrtanju rotora rotacione sitnilice. Savremena poljoprivredna tehnika, 39(2): 113-122, ISSN 0350-2953,UDK: 631.3. 658.2.
- [12] Ros V, Smith R. J, Marley S. J, Erbach D. C. (1995). Mathematical modeling and computer aided design of the passive tillage tools. Transactions of the ASAE 38 (3): 675-683.
- [13] Radomirović D, Bajkin A, Zoranović M. 2005. Kinematička analiza rotacione sitnilice. Traktori i pogonske mašine, 10(4): 131-136.
- [14] Radomirović D, Ponjičan O, Bajkin A. 2006. Geometrijski pokazatelji rada rotacione sitnilice sa suprotnosmernim obrtanjem radnih organa. Savremena poljoprivredna tehnika, 32(1-2): 29-35.
- [15] Radomirović D, Ponjičan O, Bajkin A. 2008. Brzina rezanja i dužina puta rezanja pri istosmernom obrtanju rotacione sitnilice. Traktori i pogonske mašine, 13(2): 34-40.
- [16] Radomirović D, Ponjičan O, Bajkin A, Zoranović M. (2009): Promena brzine rezanja i dužine puta rezanja kod suprotnosmernog obrtanja rotacione sitnilice. Savremena poljoprivredna tehnika, 35 (3): 176-184.
- [17] Radomirović D, Ponjičan O, Bajkin A, Zoranović M. (2010): Promena debljine plastice pri obradi zemljišta rotacionom sitnilicom s istosmernim obrtanjem rotora. Savremena poljoprivredna tehika, 36 (3): 228-238.
- [18] Rupasingha C.P, Jayasuriya H.P.W. (2006): Energy saving scoop type rotary tiller blade for deep tillage, Proceedings of the International Forestry and Environment Symposium 2006, Session III - Sustainable Agro Forestry Systems, 14.
- [19] Saibhni, V.S, Wadhwa D.S, Grewal P.S. (2004). Development of a rotary tiller blade using three dimensional computer graphics. Biosystems Engineering 89(1): 47-58.

KNIFE SETTING ANGLE CRITICAL VALUE IN THE CASE OF REVERSE ROTOR ROTATION DIRECTION

Ponjičan O, Radomirović D, Bajkin A, Zoranović M, Ivanišević M¹.

Univerzity of Novi Sad, Faculty of agriculture, Trg Dositeja Obradovića 8, Novi Sad

E-mail: ponio@polj.uns.ac.rs

SUMMARY

In this paper was shown the procedure of determining the distance of individual knife-points regard to blade trajectory. Also was determined knife angle setting critical value in the case of the rotary tiller with reverse rotor rotation direction. Depending on changes in the working speed from 0.43 to 1.08 m/s critical value of the knife angle setting γ were in ranges 75.11° to 69.24°. Lower values of the knife angle setting were calculated for the higher values of working speed. Knowing the knife angle set can be determined the area of application of the existing rotary tiller. For new construction of rotary tiller optimum angle knife setting can be achieved minimum value of the angle cutting which would lead to a decrease value of energy involved in soil tillage by rotary tiller.

Calculate the distance of individual points on the back of the knife blade from the point of exit from the soil surface is a prerequisite for calculating the optimum knife shape, and the elimination of unnecessary friction with the back of a knife on fallow soil.

Key words: soil tillage, rotary tiller, knife angle setting, angle cutting

Napomena: rad je nastao kao rezultat istraživanja na projektu TR31046, „Unapređenje kvaliteta traktora i mobilnih sistema u cilju povećanja konkurentnosti, očuvanja zemljišta i životne sredine“, koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

Primljeno: 22. 05. 2014. god.

Prihvaćeno: 29. 05. 2014. god.