

Vučna sila traktora potrebna za svladavanje otpora lemešnih plugova

Ivan Mendušić, Dario Knežević, Davor Petrović, Anamarija Banaj

Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet, Zavod za mehanizaciju

Sažetak

Vučna sila traktora potrebna za svladavanje vučnog otpora pluga Posavac 3.30 eksperimentalno je utvrđena mjerenjem pomoću univerzalnog dinamometarskog okvira. Prikazani su rezultati mjerenja za traktore: Valmet 2105, Ursus 1614, Torpedo RX 170 i Fiat 180-90 DT. Najmanja odstupanja vrijednosti vučnih sila navedenih tipova traktora dobivena su pri utvrđivanju minimalnih vučnih sila ($\Delta F_{vmin} = 9,57$ kN), nešto veća ($\Delta F_{vsr} = 13,37$ kN) kod mjerenja srednjih vučnih sila, a najveća razlika ($\Delta F_{vmax} = 15,59$ kN) utvrđena je kod mjerenja maksimalnih vučnih sila. Pomoću korelacijske funkcije okarakteriziran je stupanj linearne veze među vrijednostima slučajnog procesa u različitim vremenskim intervalima što je prikazano pomoću četiri krivulje dobivene ispitivanjem.

Ključne riječi: agregat za oranje, vučna sila, mjerenje vučne sile

Uvod

Poznavanje vučnih karakteristika traktora i otpora pluga neophodno je za pravilno sastavljanje agregata za oranje. Ove informacije (Brkić i suradnici, 2005.) mogu se dobiti provođenjem poljsko-eksploatacijskih ispitivanja, proučavanjem stručne i znanstvene literature, te uvidom u reklamne materijale proizvođača plugova i trgovačkih kuća koje ih prodaju.

Vučni otpor stroja (Turan, J., 2009.) može se podijeliti na radni i praznoodni. Radnim otporom naziva se otpor koji stroj pruža u radnom stanju, dok se praznoodni otpor javlja pri gibanju stroja s isključenim radnim dijelovima (u transportnom položaju). Vrijednost radnog otpora ovisi o mnogim, najčešće promjenjivim, faktorima kao što su: vrsta tehnološkog procesa, fizikalno-mehanička svojstva obrađivanog materijala (tlo, biljka, stajnjak i slično), konstrukcijski parametri i tehničko stanje stroja, konfiguracija tla, eksploatacijski režim rada, način agregatiranja i podešavanja stroja.

Jednostavnim metodama ispitivanja mogu se utvrditi parametri vuče traktora kao što su: brzina rada, proklizavanje pogonskih kotača traktora, potrošnja goriva i slično. Eksperimentalno testiranje vučnih karakteristika, u pripremnoj fazi, obavlja se u tvornicama u kojima se traktori proizvode. Kasnije obavezno ispitivanje obavlja u ovlaštene ustanove u pojedinim državama po odgovarajućem OECD standardu. Ispitivanje vučnih karakteristika traktora obavlja se u laboratoriju i vučom na tvrdoj podlozi pri čemu se koristi posebno dinamometarsko vozilo koje djeluje kočenjem. Pored navedenih, obavlja se i poljsko-eksploatacijska ispitivanja s ciljem dobivanja realnih vučnih karakteristika traktora i otpora pluga.

Pri istraživanju raspodjele gubitaka u prijenosu snage od motora do poteznice traktora (Filipović, D. i suradnici, 1997.) s pogonom na četiri kotača traktora snage motora 61,80 kW ostvarena

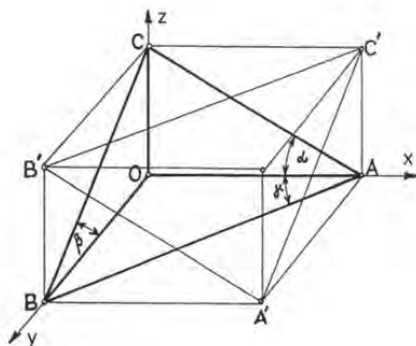
je najveća vučna snaga 38,99 kW pri vučnoj sili od 25,476 kN i brzini gibanja 5,51 km/h, uz stupanj korisnog djelovanja od 0,631. Istraživanja su pokazala da pravilan izbor opterećenja traktora može znatno doprinijeti racionalnijem iskorištenju snage motora i s tim u vezi, omogućiti realizaciju potrebne vučne sile traktora neophodne za rad priključenog oruđa/stroja.

Oranje je radna operacija čiji je zadatak usitnjavanje i okretanje tla (plastice) sa zaoravanjem biljnih ostataka. Na taj način je tlo pripremljeno za daljnju obradu. To je potrebno zbog toga što kulturne biljke u dobro pripremljenom tlu ostvaruju najveće prinose. Zadovoljavajuću kvalitetu oranja moguće je postići ako se ova operacija obavi u optimalnom agrotehničkom roku, te u uvjetima dobrih fizikalnih, kemijskih i bioloških svojstava tla. Također, treba izabrati odgovarajući plug s obzirom na vrstu tla i obaviti pravilno agregatiranje pluga s traktorom.

Materijal i metode rada

Osnovni oblik plužnog tijela može se prikazati pomoću složenog prostornog klina (slika 1.).

Slika 1. Složeni prostorni klin



Složeni prostorni klin čine tri jednostavna klina:

OCB'BA'A – s kutom podizanja $\alpha = 15-25^\circ$

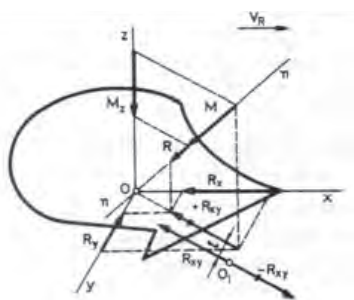
OCC'AA'B – s kutom okretanja $\beta = 90-110^\circ$

OCB'BAC' – s kutom odmicanja tla $\gamma = 35-50^\circ$.

Zadatak klina OCB'BA'A je odvajanje tla od dna brazde, dok klin OCB'BAC' odvaja tlo od zida brazde i odmiče u stranu. Klin OCC'AA'B služi za okretanje plastice.

Na slici 2. prikazan je prostorni sustav sila koje djeluju na plužno tijelo.

Slika 2. Prostorni sustav sila koje djeluju na plužno tijelo. Izvor: [5]

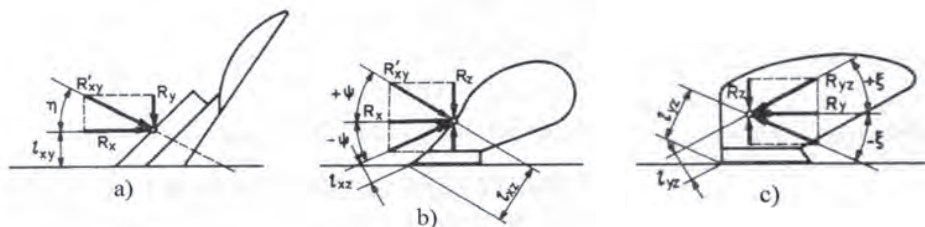


R - glavni vektor
-vektorski zbroj prikazanih sila

M - glavni moment-vektorski
zbroj momenata svih sila koje
djeluju prema točki O, koji
zatvara neki kut $\alpha = \pi/2$; R' i
M' dinamičke vrijednosti R i M,
djeluju na pravcu središnje osi
n-n, prolazeći kroz točku O1

Sustav sila koje djeluju na plužno tijelo jednostavnije je promatrati u ravninskom prikazu njihovog djelovanja (slika 3.).

Slika 3. Sustav sila koje djeluju na plužno tijelo prikazan u tri ravnine



a) horizontalna ravnina, b) vertikalna ravnina-uzdužna, c) vertikalna ravnina-poprečna. Izvor: [5]

Na osnovi zadanih prikaza i vrijednosti kutova η , ψ i ξ , mogu se odrediti srednje vrijednosti među osnovnim parametrima karakteristika sila. Primjerice, ako je mjerenjem utvrđena R'_{xy} , proizlazi da je:

$$R_x = R'_{xy} \cos \eta, \text{ odnosno } R_y = R_x \tan \eta, \text{ te je}$$

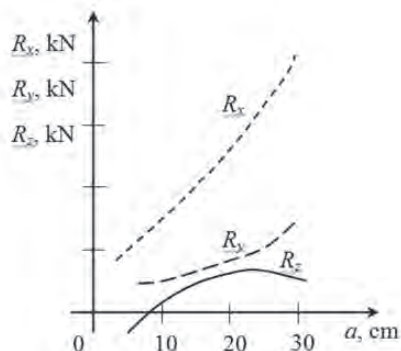
$$R_y = 0,35 R_x \text{ ili}$$

$$R_z = R_x \tan \psi = R_x \tan(\pm 12^\circ) = \pm 0,2 R_x$$

Primjenom formula za izračunavanje vučne sile analitički se određuje njen iznos, dok se njen stvarni iznos određuje mjerenjem u eksploatacijskim uvjetima.

Sile koje djeluju na plužno tijelo pri oranju čine prostorni skup sila koji se može zamijeniti rezultantom R koju čine komponente R_x , R_y i R_z prikazane na slici 4.

Slika 4. Sile na plužnom tijelu u ovisnosti o dubini oranja



Iz dijagrama na slici 4. vidljivo je da je najveća sila u smjeru osi x koja je usmjerena duž brazde. Za izračunavanje vučne sile traktora potrebne za svladavanje otpora pluga postoji više formula.

Prvi značajniji korak u proučavanju potrebne vučne sile traktora (Brkić, D. i suradnici, 2005.) učinio je V. P. Gorjačkin koji je predložio tzv. racionalnu formulu za izračunavanje potrebne vučne sile traktora:

$$F_v = f \cdot G + K \cdot a \cdot B + \varepsilon \cdot a \cdot B \cdot v^2$$

$$B = n \cdot b$$

Nakon sređivanja dobiva se konačni izraz za izračunavanje vučne sile traktora prema Gorjačkinu:

$$F_v = f \cdot G + n \cdot K \cdot a \cdot b + n \cdot \varepsilon \cdot a \cdot b \cdot v^2$$

gdje je:

- F_v - vučna sila traktora, kN
- f - faktor trenja radnih dijelova pluga o tlo
- G - težina pluga, kN
- n - broj plužnih tijela
- K - koeficijent otpora tla, kN/m²
- a - dubina oranja, m
- b - širina zahvata jednog plužnog tijela, m
- B - širina zahvata pluga, m
- v - brzina gibanja agregata, m/s
- ϵ - koeficijent brzine, tj. koeficijent otpora između odsječenih i neodsječenih čestica tla, kNs²/m⁴.

Iz jednadžbe je vidljivo da se vučna sila traktora potrebna za svladavanje otpora pluga sastoji iz tri dijela: sile trenja između radnih dijelova pluga i tla, sile deformacije odsječenih plastika i sile potrebne za njihovo odbacivanje i prevrtanje.

Za mjerenje vučne sile traktora potrebne za svladavanje vučnog otpora pluga korišteni su agregati: I. Valmet 2105 + plug Posavac 3.30, II. Ursus 1614 + plug Posavac 3.30, III. Torpedo RX 170 + plug Posavac 3.30 i IV. Fiat 180-90 DT + plug Posavac 3.30. Plug Posavac 3.30 je trobrazdni sa širinom zahvata jednog plužnog tijela od 30 cm. Na provedenim istraživanjima mjerenje vučne sile obavljeno je na poteznici traktora pomoću univerzalnog dinamometarskog okvira, koji omogućuje mjerenje svih komponenti otpora, uzdužnih, vertikalnih i poprečnih (bočnih) sila. Ispitivanje je obavljeno na Lonjskom polju na parceli Pašnjak. Za četiri navedena agregata utvrđena je i korelacijska funkcija koja karakterizira stupanj linearne veze među vrijednostima slučajnog procesa u različitim vremenskim intervalima.

Rezultati istraživanja

Pri mjerenju vučnih sila navedenih agregata navodi se srednja, maksimalna i minimalna vrijednost izmjerenih vučnih sila traktora. Također, navodi se i omjer maksimalne i minimalne vučne sile za svaki pojedini agregat (tablica 1.).

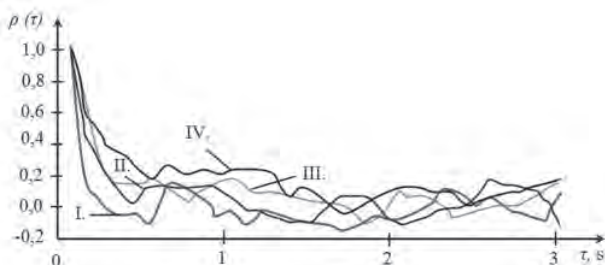
Tablica 1. Izmjerene vučne sile agregata

Vučna sila	Agregat I. Valmet 2105 + plug Posavac 3.30	Agregat II. Ursus 1614 + plug Posavac 3.30	Agregat III. Torpedo RX 170 + plug Posavac 3.30	Agregat IV. Fiat 180-90 DT + plug Posavac 3.30
F_{vsr} , kN	62,94	49,57	61,72	54,83
F_{vmin} , kN	39,76	30,19	37,13	39,26
F_{vmax} , kN	81,06	66,00	81,59	79,55
Omjer maksimalne i minimalne vučne sile				
F_{vmax}/F_{vmin}	2,04	2,19	2,20	2,03

Prema podacima u tablici 1. razvidno je da je agregat I. ostvario najveću srednju vučnu silu F_{vsrI} . = 62,94 kN, dok je najmanju vrijednost (F_{vsrII} . = 49,57 kN) ostvario agregat II. Izračunata razlika između navedenih sila iznosi 13,37 kN. Najveća vrijednost minimalne vučne sile izmjerena je kod agregata I. (F_{vminI} . = 39,76 kN), a najmanja kod agregata II. (F_{vminII} . = 30,19 kN). Zabilježena razlika između najveće i najmanje minimalne vučne sile iznosi 9,57 kN. Može se zaključiti da je u obje kategorije vučnih sila (F_{vsr} i F_{vmin}) veća vrijednost izmjerena kod agregata I., a manja kod agregata II. Nešto drugačiji rezultati utvrđeni su kod izmjerenih maksimalnih vučnih sila tako da je maksimalnu vrijednost postigao agregat III. ($F_{vmaxIII}$. = 81,59 kN), a najmanju agregat II. (F_{vmaxII} . = 66,00 kN). Evidentirana razlika između najveće i najmanje maksimalne vučne sile iznosi 15,59 kN.

Deterministički model rada lemešnog pluga gruba je aproksimacija realne stvarnosti. Vrijednosti vučnih sila izmjerenih pomoću univerzalnog dinamometarskog okvira svjedoče o vučnoj sili kao slučajnom procesu. Za analizu ovakvih procesa koristi se model vjerojatnosti slučajnog procesa koji je poznat iz teorije stohastičkih (slučajnih) procesa. Slučajnim procesom naziva se proces čija se vrijednost pri svakoj vrijednosti skalarnog argumenta javlja skalarnom ili vektorskom veličinom. Konkretno, vrijednosti koje ima slučajna funkcija u rezultatima mjerenja naziva se realizacija slučajne funkcije. Za opisivanje temeljnih svojstava slučajnih procesa koristi se korelacijska funkcija i spektralna gustoća. U radu su prikazani rezultati mjerenja normiranih korelacijskih funkcija istraživanih agregata za oranje (slika 5.).

Slika 5. Graf normiranih korelacijskih funkcija istraživanih agregata za oranje



Zaključak

Istraživanjem vučnih sila potrebnih za svladavanje otpora lemešnog pluga pomoću eksperimentalno-računske identifikacije, utvrđena je izmjenjivost njegova intenziteta u vremenu i pokazano je da je ta veličina uvjetovana dinamičkim uvjetima u procesu oranja. Korelacijska funkcija pokazuje da sadrži slučajne i periodičke komponente. Promatrajući vrijednosti vučnih sila, može se zaključiti da su najveća odstupanja postignuta kod maksimalnih vučnih sila ($\Delta F_{vmax} = 15,59$ kN), nešto manja ($\Delta F_{vsr} = 13,37$ kN) pri utvrđivanju vrijednosti srednjih vučnih sila, a najmanje razlike ($\Delta F_{vmin} = 9,57$ kN) ostvarene su pri mjerenju minimalnih vučnih sila.

Literatura

1. Beštak, T.: Neki parametri vučnog otpora pluga, Savremena poljoprivredna tehnika, Novi Sad, 1975.
2. Brkić, D., Vujčić, M., Šumanovac, L., Lukač, P., Kiš, D., Jurić, T., Knežević, D.: Eksploatacija poljoprivrednih strojeva, udžbenik, Poljoprivredni fakultet, Osijek, 2005.
3. Filipović, D., Košutić, S., Banaj, Đ.: Iskorištenje snage traktorskog motora u oranju, zbornik radova "Aktualni zadaci mehanizacije poljoprivrede", Opatija, 111-118, 1997.
4. Mendušić, I.: Električne metode mjerenja mehaničkih veličina u poljoprivrednoj mehanizaciji-mjerenje sila pri osnovnoj obradi zemljišta, magistarski rad, Elektrotehnički fakultet, Sarajevo, 1990.
5. Miodragović, R., Đević, M., Mileusnić, Z., Dimitrijević, A.: Osnove poljoprivredne tehnike, udžbenik, Poljoprivredni fakultet, Beograd, 2012.
6. Piria, I.: Utjecaj vertikalnih sila nošenih oruđa na koeficijent korisnog djelovanja traktionog uređaja traktora s gumenim kotačima, doktorska disertacija, Fakultet poljoprivrednih znanosti, Zagreb, 1973.
7. Piria, I.: Mjerni sustav za određivanje rezultante otpora poljoprivrednih priključnih oruđa, Zbornik radova savjetovanja MAP, Cavtat, 1983.
8. Turan, J.: Eksploatacija proizvodnih sistema, udžbenik, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 2009.
9. Vujčić, M.: Prilog istraživanju vučne sile poljoprivrednih strojeva i oruđa za obradu tla, doktorska disertacija, Tehnički fakultet, Rijeka, 1986.
10. Zimmer, R., Košutić, S., Zimmer, D.: Poljoprivredna tehnika u ratarstvu, udžbenik, Poljoprivredni fakultet, Osijek, 2009.

Traction force needed to overcome the resistance plows

Abstract

During the basic soil tillage it is necessary to use an energy because of resistance forces in the plow Posavec 3.30. The results of the measurements for the tractors: Valmet 2105, Ursus 1614, Torpedo RX 170 i Fiat 180-90 DT. The smallest deviation values of tensile forces of those types of tractors are produced in the determination of minimum tensile forces ($\Delta F_{vmin} = 9,57 \text{ kN}$), slightly higher in the measurement medium tensile forces ($\Delta F_{vsr} = 13,37 \text{ kN}$), and the biggest difference was found in the measurement of maximum traction force ($\Delta F_{vmax} = 15,59 \text{ kN}$). By using the correlation function is characterized by a degree of linear relationship between the values of a random process at different time intervals as shown by the four curves obtained by testing.

Key words: The Tractor for plow, The Power of the pull, Measuring of Power pull