

VUČNI I ENERGETSKI BILANS TRAKTORA **DRAFT POWER AND ENERGETIC BALANCE OF TRACTORS**

Novaković, D., Obradović, D.*

REZIME

U radu se analiziraju osnovni parametri za sastavljanje traktorsko-mašinskog agregata kroz vučni i energetska bilans traktora 4x4S: masa traktora, snaga motora, sila vuče, brzina, specifična masa, produktivnost. Suština sastavljanja optimalnog traktorsko-mašinskog agregata nalazi se u uravnoteženju vučno-energetskog potencijala traktora sa vučno-energetskim potrebama priključnih mašina i oruđa. Traktor treba da radi u eksploatacionom dijapazonu sila vuče u kome se ostvaruje relativno visok stepen korisnog dejstva traktora. Dati su koeficijenti za ocenu i proračun vučnih karakteristika traktora na strnjici, sile vuče traktora na strnjici u optimalnom eksploatacionom dijapazonu u zavisnosti od mase traktora, širina zahvata pluga u zavisnosti od dubine oranja, specifičnog otpora zemljišta i sile vuče traktora na černoze i ritskoj crnici i uticaj specifične mase traktora na silu vuče i brzinu.

Ključne reči: traktor, vučni bilans, energetska bilans

SUMMARY

The study focuses on the basic parameters composing the tractor-machinery aggregate taking into consideration draft power and energetic balance of the 4x4S tractor: tractor mass, engine power, draft power, speed, specific mass, productivity. The main objective of composing an optimal tractor-machinery aggregate may be sought in harmonizing draft-energetic potential of the tractor with draft-energetic needs of implements. The tractor is expected to function in the exploitation range of draft power achieving a comparatively high degree of useful tractor effect. Coefficients for the estimation and computation of draft power characteristics of a tractor in stubble, draft power of the tractor in stubble in an optimal exploitation range depending on tractor mass, plough width scope depending on furrow depth, specific soil resistance and draft power of a tractor on chernozem and black marsh soil type and the effect of specific mass of the tractor on draft power and speed are given.

Key words: tractor, draft balance, energetic balance

* Prof. dr Dragan Novaković, dr Dragoljub Obradović, naučni savetnik, Poljoprivredni fakultet, 11080 Beograd-Zemun, Nemanjina 6

UVOD

Vučni i energetska bilans traktora sa gledišta korisnika traktora predstavlja količinu vučnog i energetska potencijala sa kojim raspolaže za izvršenje tehnoloških radnih procesa u poljoprivrednoj proizvodnji.

Za ekonomično korišćenje vučnog i energetska potencijala sa kojim se raspolaže neophodno je prvenstveno znati šta je vučni, a šta energetska potencijal traktora i kako on može optimalno da se koristi. Postoje dva osnovna elementa od kojih zavisi vučni i energetska potencijal traktora, a to su masa traktora od koje zavisi vučni potencijal i snaga ugrađenog motora u traktor koja čini energetska potencijal traktora. Između mase traktora - odnosno sile vuče i snage motora - odnosno brzine kretanja postoji određena zakonomernost u promeni njihovih veličina. Uticaj promene sile vuče na promenu brzine kretanja traktora omogućava korisniku traktora da optimalno agregatira traktor sa različitim priključnim mašinama i oruđima radi postizanja maksimalne produktivnosti rada uz minimalni utrošak energije i goriva po jedinici izvršenog rada.

Racionalnost korišćenja traktora u uslovima eksploatacije zasniva se na optimalnom korišćenju vučnog i energetska potencijala traktora. U zavisnosti od vrste rada i uslova eksploatacije menja se režim rada traktora sa određenim agregatom. Zato je neophodno da se zna praktična primena zakonomernosti promene sile vuče i brzine kretanja traktora pri sastavljanju agregata i izbor režima njegovog rada. Suština sastavljanja optimalnog traktorsko-mašinskog agregata nalazi se u uravnoteženju vučno-energetska potencijala traktora sa vučno-energetskim potrebama priključnih mašina i oruđa. Kretanje i rad agregata moguće je samo pri određenom odnosu sile i brzine koje dejstvuju na agregat. Sile kretanja i sile otpora su nestabilne i u procesu kretanja neprestano se menjaju. Sila pogona proizvedena obrtnim momentom motora menja se sa promenom obrtnog momenta pod uticajem osobina zemljišta po kojoj se traktor kreće. Mikro reljef i fizičko-mehaničke osobine zemljišta prouzrokuju odgovarajuću promenu sume sile otpora kretanja traktora (otpor kotrljanju traktora i otpor oruđa).

Vučni bilans i bilans snage traktora treba da budu merilo za izbor i nabavku traktora i ocena racionalnosti korišćenja traktora u eksploataciji.

Veliki značaj ima nivo znanja stručnjaka u praksi jer određuje način ponašanja prodavaca traktora. Prodavci uglavnom ne mogu da daju valjan odgovor o karakteristikama traktora koje su potrebne korisniku, imaju samo prospekt, a najčešće nemaju atest o ispitivanju, rezultati institutskih ispitivanja vrlo su retki i uglavnom nepotpuni.

CILJ RADA

Analiza vučnog i energetska bilansa traktora ima za cilj sastavljanje optimalnog agregata i racionalno korišćenje traktora radi postizanja maksimalne produktivnosti.

MATERIJAL I METOD RADA

Na osnovu koeficijena za ocenu i proračun vučnih karakteristika traktora 4x4S na

strnjici (Φ_a - koeficijent adhezije, η_λ - stepen korisnosti u odnosu na klizanje, η_f - stepen korisnosti u odnosu na kotrljanje, η_T - vučni stepen korisnosti traktora) i sila vuče u optimalnom eksploatacionom dijapazonu, određene su širine radnog zahvata pluga u zavisnosti od dubine oranja i specifičnog otpora na černoze i ritskoj crnici.

REZULTATI I DISKUSIJA

Vučni bilans traktora

Kada se govori o vučnom bilansu traktora onda se upoređuje proizvedena sila pogona na obodu pogonskih točkova traktora i njen raspored po pojedinim potrošačima.

Vučni bilans traktora se prikazuje jednačinom:

$$F_p = F_f \pm F_\alpha \pm F_W + F_v \quad (1)$$

gde je: F_p - sila pogona traktora; F_f - sila otpora kotrljanju; F_α - sila otpora uspona; F_W - sila otpora vazduha; F_v - sila vuče traktora koja se koristi za savlađivanje otpora priključne mašine-oruđa (R_0) pri radu. Sila vuče traktora po svom intenzitetu jednaka je sili otpora priključne mašine-oruđa, ali je usmerena u suprotnom smeru.

$$F_v = R_0 \quad (2)$$

U slučaju rada traktorom na ravnom terenu i zanemarujući otpor vazduha, sila pogona može da se prikaže kao:

$$F_p = F_f + F_v \quad (3)$$

Racionalnost korišćenja traktora ocenjuje se stepenom iskorišćenja sile vuče priključnih mašina-oruđa. S obzirom da traktor može da razvije F_v u relativno velikom dijapazonu od minimalne u poslednjem stepenu prenosa do maksimalne u prvom stepenu prenosa, postavlja se pitanje koju silu vuče treba koristiti? Odgovor je jednostavan. Treba koristiti onu silu vuče pri kojoj se postiže maksimalna snaga vuče P_{vmax} ili blizu F_{vmax} u okviru eksploatacionog dijapazona koja odgovara relativno visokom koeficijentu korisnog dejstva traktora. Traktor razvija onoliko silu vuče (F_v) kolika je potrebna da se savlada otpor (R_0) priključne mašine-oruđa.

Bilans snage traktora

Bilans snage traktora predstavljen je jednačinom koja pokazuje kako se uravnotežuje efektivna snaga motora sa utroškom snage za izvršenje tehnološkog radnog procesa. Motor razvija onoliko efektivne snage koliko je potrebno za rad sa priključnom mašinom-oruđem.

Snaga motora jednaka je sumi snaga potrebnih za savlađivanje različitih otpora koji se javljaju pri kretanju traktora. Analogno vučnom bilansu, bilans snage čini suma razvijene snage, s jedne strane i snage koju traktor troši pri radu, s druge strane.

$$P_e = P_{tr} + P_f + P_\lambda \pm P_\alpha \pm P_a + P_v + P_{pV} \quad (4)$$

gde je : P_e - efektivna snaga motora; P_{tr} - snaga utrošena na savlađivanje otpora u transmisiji; P_f - snaga za savlađivanje otpora kotrljanju; P_λ - snaga za savlađivanje uspona; P_α - snaga za savlađivanje klizanja; P_a - snaga koja se troši na ubrzanje vozila; P_v - snaga

vuče na poteznici traktora; P_{PV} - snaga koja se predaje preko priključnog vratila.

Korisniku su interesantne snaga na priključnom vratilu i snaga vuče. Ove snage se koriste za izvršenje tehnoloških radnih procesa u zavisnosti od priključne mašine-oruđa koja se koristi.

Odnos iskorišćene snage P_{PV} i P_V prema efektivnoj snazi motora (P_e) predstavlja koeficijent korisnog dejstva traktora. Odnos snage P_{PV} i P_V prema potrebnoj snazi za rad sa priključnom mašinom treba da bude 0,9-1,0.

Zakonomernosti osnovnih parametara traktora

Osnovni parametri traktora su: masa traktora, sila vuče, snaga motora i brzina kretanja.

Svaki korisnik pre nabavke odredi namenu traktora i produktivnost (učinak) rada koja mu je potrebna za određeni obim proizvodnje. Osnovne karakteristike traktora može da sazna korišćenjem atesta, prospekta, uvidom u institutska ispitivanja i razgovorom sa stručnjacima i korisnicima traktora.

U ovom radu je prikazan način kako se naučno saznanje koristi za konkretne potrebe prakse. Postoje dva načina. Prvi način, koji je prikazan u ovom radu: da se na osnovu podataka iz prospekta, mase traktora i snage motora, odrede osnovni eksploatacioni parametri: sila vuče, brzina kretanja, širina zahvata oruđa i učinak. Drugi način: da se na osnovu osnovnih podataka (mase, snage motora), izvrši kompletan proračun potencijalne vučne karakteristike traktora sa optimalnim eksploatacionim dijapazonom sila vuče u kom traktor može da radi sa relativno visokim koeficijentom korisnog dejstva traktora.

Uticaj mase traktora na sile vuče u optimalnom eksploatacionom dijapazonu na strnjici

Sile vuče koje traktor ostvaruje po svojoj veličini su različite, a zavise od mase traktora i koeficijenta adhezije pri kojima se one realizuju. Optimalni dijapazon sila vuče se nalazi između minimalne i maksimalne sile vuče traktora u kome se ostvaruje relativno visok stepen korisnog dejstva traktora.

Optimalni eksploatacioni dijapazon sila vuče traktora 4x4S nalazi se u oblasti 0,27-0,41-0,46 koeficijenta adhezije. Izvan ovog dijapazona nastaje povećano klizanje, smanjenje brzine kretanja i snage vuče, a povećava se specifična potrošnja goriva prema snazi vuče.

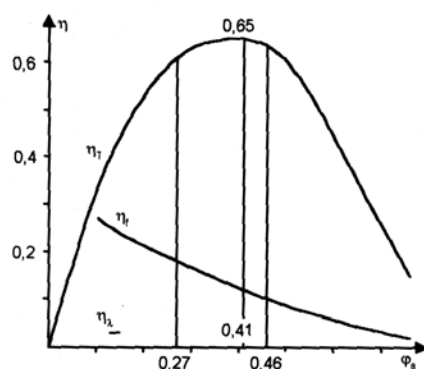
Prema podacima iz Tab.1. i dijagrama na Sl.1, mogu da se odrede sile vuče traktora u zavisnosti od mase traktora i koeficijenta adhezije. Koeficijenti adhezije dobijeni su pri ispitivanju vučnih karakteristika traktora u uslovima eksploatacije na strnjici i isti se mogu koristiti za proračun jer relativno adekvatno odgovaraju uslovima eksploatacije u praksi.

Tab. 1. Koeficijenti za ocenu i proračun vučnih karakteristika traktora 4x4S na strnjici

Tab. 1. Coefficients for the estimation and computation of draft characteristics of the 4WD tractor in stubble

Red. br.	Φ_a	η_{tr}	η_λ	η_f	η_T	η_m
----------	----------	-------------	----------------	----------	----------	----------

1	0,14	0,10	0,030	0,245	0,425	0,800
2	0,20	0,10	0,046	0,215	0,535	0,896
3	0,23	0,10	0,055	0,200	0,575	0,930
4	0,27	0,10	0,070	0,180	0,610	0,960
5	0,31	0,10	0,084	0,164	0,630	0,978
6	0,34	0,10	0,098	0,150	0,640	0,988
7	0,38	0,10	0,112	0,135	0,647	0,994
8	0,41	0,10	0,130	0,120	0,650	1,000
9	0,43	0,10	0,145	0,110	0,645	1,000
10	0,46	0,10	0,175	0,100	0,624	1,000
11	0,49	0,10	0,210	0,090	0,600	1,000
12	0,56	0,10	0,310	0,070	0,510	0,990
13	0,62	0,10	0,405	0,050	0,425	0,980
14	0,68	0,10	0,510	0,038	0,320	0,968
15	0,76	0,10	0,670	0,022	0,150	0,894



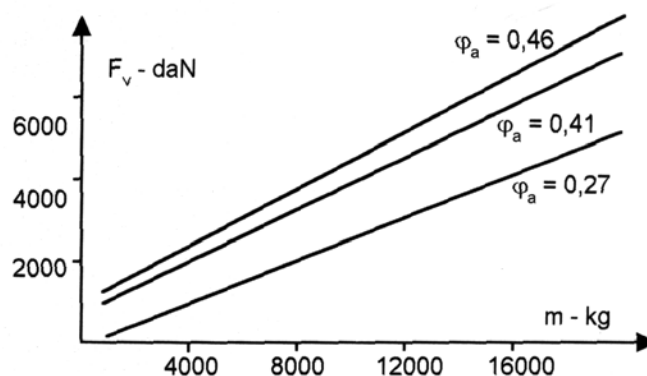
Sl.1. Koeficijenti za ocenu i proračun vučnih karakteristika traktora 4x4S na strnjici
 Fig. 1. Coefficients for the estimation and computation of draft characteristics of the 4WD tractor in stubble

U Tab.2. data je masa traktora, a ne težina iz praktičnih razloga. U atestima i prospektima gotovo redovno se daje masa, a ne sila. Odstupanja iznose 1,9 % što za praktične potrebe u uslovima eksploatacije nema značaja. Na osnovu podataka iz atesta ili prospekta gde je navedena masa traktora korišćenjem dijagrama na Sl.2, određuje se dijapazon sila vuče.

Tab. 2. Sile vuče traktora 4x4S na strnjici u optimalnom eksploatacionom dijapazonu u zavisnosti od mase traktora

Tab. 2. Draft power of 4WD tractor in stubble in an optimal exploitation range depending on tractor mass

m (kg)	F_v (daN)		
	$\varphi_a - 0,27$	$\varphi_a - 0,41$	$\varphi_a - 0,46$
2000	540	820	920
3000	810	1230	1380
4000	1080	1640	1840
5000	1350	2050	2300
6000	1620	2460	2760
7000	1890	2870	3220
8000	2160	3280	3680
9000	2430	3600	4140
10000	2700	4100	4600
11000	2970	4500	5060
12000	3240	4920	5520
13000	3510	5330	5980
14000	3780	5740	6440
15000	4050	6150	6900
16000	4320	5560	7360
17000	4590	6970	7820



Sl.2. Sila vuče u funkciji mase traktora i koeficijenta adhezije na strnjici

Fig. 2. Draft power in the function of tractor mass and adhesion coefficient in stubble

Uticaj sile vuče traktora na širinu zahvata pluga

Pri sastavljanju traktorskog agregata za oranje treba težiti da se linije vuče traktora i linija otpora pluga podudaraju ili da je odstupanje minimalno, s tim da bitno ne utiču na pojavu kose vuče. Ukoliko bi došlo do većeg odstupanja linije otpora pluga od linije vuče traktora potrebno je povećati masu traktora dodavanjem balasta.

U Tab.3. i 4. i dijagramima Sl.3. i 4. prikazane su širine zahvata pluga na černozeu i ritskoj crnici koje odgovaraju optimalnim silama vuče. Iz podataka se vidi da se širina zahvata pluga pri istoj sili vuče menja u zavisnosti od dubine oranja i specifičnog otpora zemljišta. Kada su poznate sile vuče traktora onda se može korišćenjem Tab.3. i 4. za černozeu i ritsku crnicu ili ispitivanjem na dijagramima Sl.3. i 4. odrediti optimalna širina zahvata pluga.

Tab. 3. širina zahvata pluga (b) u zavisnosti od dubine oranja (a), specifičnog otpora zemljišta (q) i sile vuče traktora (F_v) na černozeu

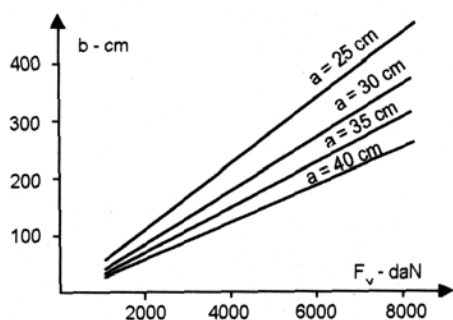
Tab. 3. Plough width scope (b) depending on furrow depth (a), specific soil resistance (q) and draft power (F_v) of the tractor on chernozem

Fv (daN)	a=15 (cm)	a=25 (cm)	a=30 (cm)	a=35 (cm)	a=40 (cm)
	q=5,8 (N/cm ²)	q=6,95 (N/cm ²)	q=7,22 (N/cm ²)	q=7,4 (N/cm ²)	q=7,85 (N/cm ²)
b (cm)					
1000	115	58	46	38	32
1500	172	86	69	58	48
2000	230	115	92	77	64
2500	287	144	115	96	80
3000	345	173	138	116	95
3500	402	201	161	135	111
4000	460	230	184	154	127
4500	517	259	208	174	143
5000	575	288	231	193	159
5500	632	316	254	212	175
6000	690	345	277	232	191
6500	747	374	300	251	207
7000	804	403	323	270	223
7500	862	432	346	289	239
8000	919	460	369	309	255

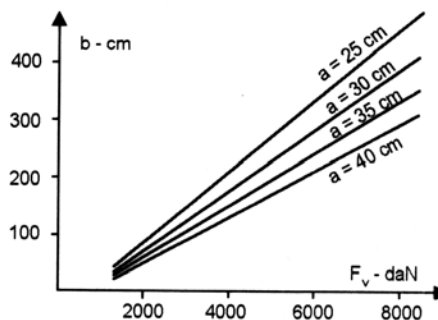
Tab. 4. širina zahvata pluga (b) u zavisnosti od dubine oranja (a), specifičnog otpora zemljišta (q) i sile vuče traktora (F_v) na ritskoj crnici

Tab. 4. Plough width scope (b) depending on furrow depth (a), specific soil resistance (q) and draft power (F_v) of the tractor on black marsh soil

F _v (daN)	a=15 (cm)	a=25 (cm)	a=30 (cm)	a=35 (cm)	a=40 (cm)
	q=8,2 (N/cm ²)	q=8,7 (N/cm ²)	q=9,1 (N/cm ²)	q=9,6 (N/cm ²)	q=10,4 (N/cm ²)
	b (cm)				
1000	81	46	37	30	24
1500	122	69	55	45	36
2000	163	92	73	60	48
2500	203	115	91	74	60
3000	244	138	110	89	72
3500	284	161	128	104	84
4000	325	184	146	119	96
4500	366	208	165	134	108
5000	406	231	183	149	120
5500	447	253	201	164	132
6000	488	276	220	178	144
6500	528	299	238	193	156
7000	569	322	256	208	168
7500	610	345	275	223	180
8000	650	368	293	238	192



Sl.3. širina zahvata pluga u funkciji sile vuče i dubine oranja na černozeumu
Fig. 3. Plough width scope in the function of draft power and furrow depth on chernozem soil type



Sl.4. širina zahvata pluga u funkciji sile vuče i dubine oranja na ritskoj crnici
Fig. 4. Plough width scope in the function of draft power and furrow depth on black marsh soil type

Uticaj specifične mase traktora na brzinu kretanja

Specifična masa traktora predstavlja energetska snabdevenost traktora. Traktori sa relativno malom specifičnom masom 35-45 kg/kW imaju relativno veliku optimalnu brzinu kretanja 16,3-12,6 km/h i obratno, bez obzira na ukupnu snagu i masu traktora.

Prema specifičnoj masi može se odrediti namena traktora. Traktori sa malom

specifičnom masom pretežno se koriste za izvođenje tehnoloških radnih procesa, a traktore sa većom specifičnom masom (60-90 kg/kW) treba koristiti za teže radove (obrada zemljišta).

Pri nabavci i eksploataciji traktora treba voditi računa da energetska optimalna brzina traktora ne bude veća od tehnološke radne brzine, jer će se za taj odnos smanjiti produktivnost rada.

Prema podacima iz Tab.5. i dijagrama Sl.5. može se odrediti optimalna brzina kretanja na osnovu snage motora i mase traktora dobijenih iz atesta ili prospekta traktora. Brzine kretanja u Tab.5. i dijagramu Sl.5. dobijene su pri koeficijentu adhezije 0,41 (F_{opt}) i koeficijentu korisnog dejstva traktora 0,65 na strnjici.

Tab. 5. Uticaj specifične mase traktora na silu vuče i brzinu za traktor tipa 4 x 4S na strnjici
Tab. 5. Effect of tractor specific mass on draft power and speed for the 4WD tractor on stubble

(kg/kW)	m (kg)	Balast (kg)	F_v (kN)	v (m/s)	v (km/h)
35	5425	-	22,24	4,53	16,31
40	6200	775	25,42	3,96	14,26
45	6975	1550	28,60	3,52	12,67
50	7750	2325	31,77	3,17	11,41
55	8525	3100	34,95	2,88	10,37
60	9300	3875	38,13	2,64	9,50
65	10075	4650	41,30	2,44	8,78
70	10850	5425	44,48	2,26	8,14
75	11625	6200	47,66	2,11	7,60
80	12400	6975	50,84	1,98	7,13
85	13175	7750	54,02	1,86	6,70
90	13950	8525	57,19	1,76	6,34
95	14725	9300	60,37	1,67	6,01
100	15500	10075	63,55	1,58	5,69
105	16275	10850	66,73	1,51	5,44
110	17050	11625	69,90	1,44	5,18

Na osnovu optimalne brzine kretanja (Tab.5. i Sl.5.) i širine zahvata pluga (Tab. 3. i 4. i Sl.3. i 4.) može se proračunati produktivnost rada - učinak.

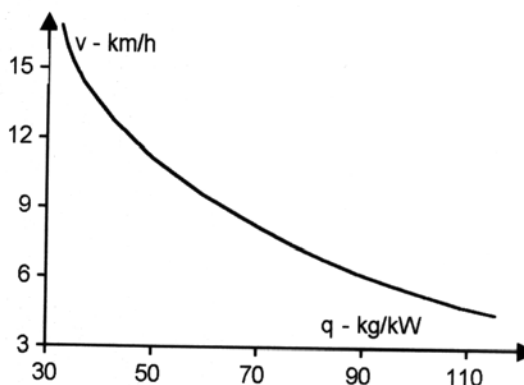
Navedene zakonomernosti određuju okvir u kome traktor može ekonomično da radi pri optimalnom iskorišćenju vučnog i energetskog bilansa traktora.

ZAKLJUČAK

Racionalnost korišćenja traktora u uslovima eksploatacije zasniva se na optimalnom korišćenju vučnog i energetskog potencijala traktora.

Vučni bilans i bilans snage traktora treba da budu merilo za izbor i nabavku traktora i ocenu racionalnosti korišćenja traktora u eksploataciji.

Traktor treba koristiti u eksploatacionom dijapazonu sila jer tada postiže maksimalni učinak i minimalnu potrošnju goriva.



Sl.5. Brzina kretanja u funkciji specifične mase traktora na strnjici

Fig. 5. Speed in the function of tractor specific mass in stubble

LITERATURA

- /1/ Đević, M., Novaković, D., Mileusnić, Z., Miodragović, R. (1998): Pokazatelji rada traktorsko-mašinskog agregata u oranju, Revija Agronomska saznanja, Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu, God. VIII, Br.3-4, str.79-83, Novi Sad
- /2/ Mileusnić, Z., Novaković, D., đević, M., Miodragović, R. (1998): Vučne karakteristike grupe savremenih traktora, Poljoprivredna tehnika, God. XXII, Br.1, str. 1-10, Beograd
- /3/ Mileusnić, Z. (2001): Energetski potencijal savremenih traktora točkaša kategorije 40 kN, Magistarska teza, Poljoprivredni fakultet, Beograd
- /4/ Novaković, D.(1994): Sastavljanje optimalnog agregata, Poljotehnika, Br.1,God.II, str. 3, Beograd
- /5/ Obradović, D., Novaković, D., Teofanović, ., (1998): Naučne osnove energetske snabdevenosti uvoznih traktora, Informacione tehnologije i razvoj poljoprivredne tehnike, DPT '98 Zbornik izvoda radova, str. 53-54, Beograd
- /6/ Obradović, D. (1990): Optimalni parametri traktorsko-mašinskih agregata za poljoprivredna gazdinstva, Institut za mehanizaciju poljoprivrede, Zemun
- /7/ Obradović, D., Novaković, D., Dumanović, Z. (1996): Vučna i energetska ograničenja racionalnog korišćenja traktora, Naučno-stručni skup, Aktuelni problemi mehanizacije poljoprivrede DPT-96, Zbornik radova, str. 17-23, Poljoprivredni fakultet, Beograd
- /8/ Obradović, D., Novaković, D. (1992): Naučne osnove uvođenja nove tehnike u proces poljoprivredne proizvodnje, XVIII naučni skup, Poljoprivredna tehnika POT 92, Zbornik radova, str. 21-25, Lepenski Vir

Primljeno: 4. I 2002.

Prihvaćeno: 21. I 2002