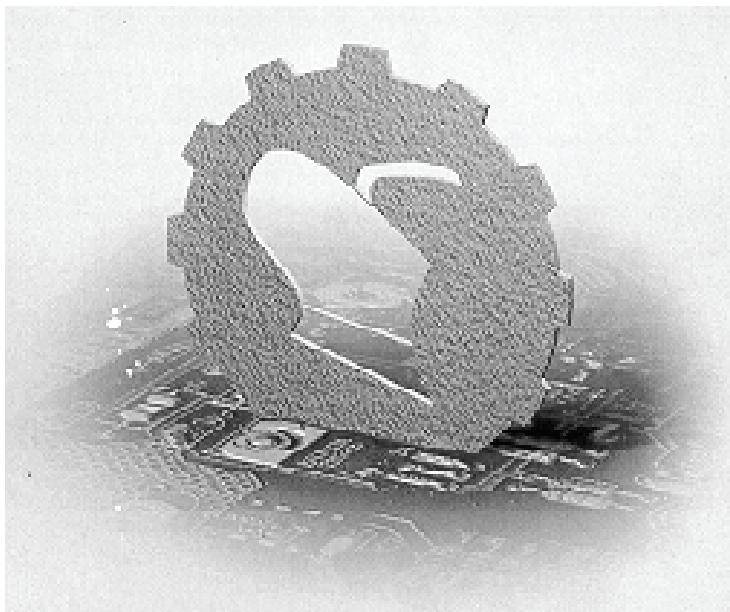


ISSN 0554-5587
UDK 631 (059)

ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА



ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ
ИНСТИТУТ ЗА ПОЉОПРИВРЕДНУ ТЕХНИКУ



Година XXXV, Број 1, децембар 2010.

Издавач (Publisher)

Пољопривредни факултет Универзитета у Београду, Институт за пољопривредну технику,
11080 Београд-Земун, Немањина 6, п. фах 127, тел. (011)2194-606, 2199-621, факс: 3163-317,
2193-659, e-mail: pteditor@agrif.bg.ac.rs, жиро рачун: 840-1872666-79.

За издавача

Небојша Ралевић

Главни и одговорни уредник (Editor-in-Chief)

Горан Тописировић, Пољопривредни факултет, Београд

Техничка припрема штампе (Technical Preparation for Printing)

Иван Спасојевић, Пољопривредни факултет, Београд

Инострани уредници (International Editors)

Schulze Lammers Peter, Institut fur Landtechnik, Universitat, Bonn, Germany
Fekete Andras, Faculty of Food Science, SzIE University, Budapest, Hungary
Magó László, Hungarian Institute of Agricultural Engineering Gödollo, Hungary
Ros Victor, Technical University of Cluj-Napoca, Romania
Sindir Kamil Okyay, Ege University, Faculty of Agriculture, Bornova - Izmir, Turkey
Vougioukas Stavros, Aristotle University of Tessaloniki

Mihailov Nicolay, University of Rousse, Faculty of Electrical Enginering, Bulgaria
Silvio Košutić, Faculty of Agriculture University of Zagreb, Croatia
Škaljic Selim, Univerzitet u Sarajevu, Poljoprivredni fakultet, Bosna i Hercegovina
Таневски Драги, Универзитет "Св. Кирил и Методиј", Земјоделски факултет, Скопје, Македонија
Димитровски Зоран, Универзитет "Гоце Делчев", Земјоделски факултет, Штип, Македонија

Уредници (Editors)

Марија Тодоровић, Пољопривредни факултет, Београд
Анђелко Бајкин, Пољопривредни факултет, Нови Сад
Мићо Ољача, Пољопривредни факултет, Београд
Милан Мартинов, Факултет техничких наука, Нови Сад
Душан Радivoјевић, Пољопривредни факултет, Београд
Раде Радојевић, Пољопривредни факултет, Београд
Мирко Урошевић, Пољопривредни факултет, Београд
Стева Божић, Пољопривредни факултет, Београд
Драгиша Раичевић, Пољопривредни факултет, Београд
Ђуро Ерцеговић, Пољопривредни факултет, Београд

Ђукан Вукић, Пољопривредни факултет, Београд
Милован Живковић, Пољопривредни факултет, Београд
Драган Петровић, Пољопривредни факултет, Београд
Горан Тописировић, Пољопривредни факултет, Београд
Зоран Милеуснић, Пољопривредни факултет, Београд
Милан Вељић, машински факултет, Београд
Драган Марковић, машински факултет, Београд
Саша Бараћ, Пољопривредни факултет, Приштина
Небојша Станимировић, Пољопривредни факултет, Зубин поток
Предраг Петровић, Институт "Кирило Савић", Београд
Драган Милутиновић, ИМТ, Београд

Савет часописа (Editorial Advisory Board)

Јоџо Мићић, Властимир Новаковић, Марија Тодоровић, Ратко Николић, Милош Тешић, Божидар Јачинац, Драгољуб Обрадовић, Драган Рудић, Милан Тошић, Петар Ненић

Штампа (Printing) "Академска издања" – Земун

ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА

AGRICULTURAL ENGINEERING

ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА

НАУЧНИ ЧАСОПИС

AGRICULTURAL ENGINEERING

SCIENTIFIC JOURNAL

**ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ
ИНСТИТУТ ЗА ПОЉОПРИВРЕДНУ ТЕХНИКУ**

Часопис **ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА** број 1 (2, 3, 4)
посвећен је XIV научном скупу

АКТУЕЛНИ ПРОБЛЕМИ МЕХАНИЗАЦИЈЕ ПОЉОПРИВРЕДЕ 2010.

Програмски одбор - Program board

Проф. др Душан Радивојевић, председник
Проф. др Мићо Ољача
Проф. др Стева Божић
Проф. др Ђуро Јерцеговић
Проф. др Ђукањ Вукић
Проф. др Мирко Урошевић
Проф. др Драган Петровић
Проф. др Раде Радојевић
Проф. др Милован Живковић
Проф. др Горан Тописировић
Доц. др Зоран Милеуснић
Мр Марјан Доленшек

Организатори скупа - Organizers of meeting

Пољопривредни факултет, Институт за пољопривредну технику, Београд
Друштво за пољопривредну технику Србије, Београд

Покровитељи скупа - Donors and support

Министарство за науку и техниолошки развој Републике Србије
Министарство за пољопривреду, шумарство и водопривреду Републике Србије

Донатори - Donors

Привредна комора Србије
ИМЛЕК а.д. – Београд
GEA WestfaliaSurge Serbia d.o.o.- Београд
Алмекс – Панчево
Милуровић Комерџ – Угриновци

Место одржавања - Place of meeting

Пољопривредни факултет, Београд, **10.12.2010.**

Штампање ове публикације помогло је:

Министарство за науку и техниолошки развој Републике Србије

РЕЧ УРЕДНИКА

Часопис ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА, у својој мисији, односно, доприносу информацији и афирмацији области механизације пољопривреде, у укупном тиражу од четири броја 2010. године приказује радове који ће бити саопштени на скупу "Дан пољопривредне технике" 10.12.2010. године на Пољопривредном факултету у Београду - Земуну.

Укупни обим часописа обухвата 45 радова из области пољопривредне технике, који се могу груписати по тематским областима од генералног развоја, информационих технологија, погонских јединица, обраде земљишта, сетве и неге гајених биљака, убирања и транспорта, као и интензивног гајења и обновљивих извора енергије. Неравномерност у структури заступљености поједињих тема може имати исходиште у смислу сугерисања тематских скупова у наредном периоду, пре свега када се имају у виду актуелни моменти у стварању пословног амбијента у пољопривреди сходно процесима европских интеграција, међународних споразума и значајних извозних могућности наше пољопривредне производње. Овоме свакако треба додати неопходност истицања тема од националног значаја, пре свега када је у питању: пословање водним ресурсима, механизација сточарске производње и развој и примена технолошко-техничких система складишно дистрибутивних центара као генералног доприноса организацији малих пољопривредних производића, тржишно атрактивних сировина и при томе стварању амбијента већег степена финализације примарне производње. У наредном периоду истраживачи би требали да се оријентишу и на афирмацију обновљивих извора енергије базираних на могућностима остваривим у примарној пољопривредној производњи. У том смислу било би веома корисно објединити и усмерити истраживачке иницијативе свих релевантних институција наше земље.

Поред тога, наглашава се значајно учешће аутора из иностранства у доприносу размене информација на међународном нивоу.

Посебно се чињеница да је значајан број радова резултат научно-истраживачких пројеката финансијираних од стране Владе Републике Србије у категорији националних, технолошких и иновационих пројеката.

Захваљујући се ауторима радова, мора се нагласити да се у наредном периоду, обзиром на наведено, очекују шири и разноврснији садржаји доприноса стручњака пољопривредне технике, у реализацији мисије часописа и афирмацији струке.

Проф. др Горан Тописировић



In memoriam

Prof. dr Milan Đević

1956 - 2010

Dana 6.3.2010. godine preminuo je dr Milan Đević, redovni profesor Poljoprivrednog fakulteta u Beogradu. Generacije studenata će ga pamtitи kao izuzetnog pedagoga, uvek spremnog da sasluša, razume, pomogne i podrži. Kolege i priatelji, u zemlji i inostranstvu, družili su se i saradivali sa predanim naučnim radnikom, neprestano nadahnutim novim idejama i neizmerno posvećenim svom poslu.

Milan Đević rođen je u Zemunu, gde je završio osnovnu školu i gimnaziju, a 1974. se upisao na Odsek za poljoprivrednu tehniku Poljoprivrednog fakulteta, gde je diplomirao 1978. Magistarski rad odbranio je 1985., a doktorsku disertaciju 1992. godine.

Od zaposlenja na Poljoprivrednom fakultetu 1980., samostalno i kao koautor objavio je preko 200 naučnih radova. Koautor je i dva univerzitetska udžbenika. Izvodio je nastavu na svim nivoima studija na Odseku za poljoprivrednu tehniku, Odseku za melioracije zemljišta i Odseku za agroekonomiju. U periodu 2003-2006. bio je predavač na internacionalnim poslediplomskim studijama, pod pokroviteljstvom DAAD i Pakta za stabilnost jugoistočne Evrope. Učestvovao je u realizaciji mnogobrojnih domaćih i međunarodnih kurseva i letnjih škola, na temu mehanizacije biljne proizvodnje, energetske efikasnosti proizvodnih sistema i očuvanja prirodnih resursa.

Profesor Đević je svojim kolegama nesebično prenosiо iskustva stečena na brojnim studijskim boravcima u Rusiji, Izraelu i Nemačkoj. Rukovodio je izradom 4 doktorska, 2 magistarska, 2 specijalistička i preko 40 diplomskih radova.

Profesor Đević bio je član Commission Internationale du Genie Rural (CIGR). Učestvovao je u formiranju Regionalnog udruženja inžinjera poljoprivrede jugoistočne Evrope (AESEE). Recenzirao je četiri univerzitetska udžbenika i bio zvaničan recenzent međunarodnih časopisa Energy i CIGR e-Journal.

Učestvovao je u izradi 25 studija i 8 projekata, a sam rukovodio izradom 4 projekta tehnološkog razvoja MNTR. Predsedavao je Komisiji za standarde u oblasti mašina za poljoprivredu i šumarstvo. Bio je član uredivačkih odbora naučnih časopisa Agricultural Engineering, Savremena poljoprivredna tehnika i Glavni i urednik našeg časopisa, Poljoprivredna tehnika.

U oblasti poljoprivrede, stručni i naučni doprinos profesora Milana Đevića ima neprocenjiv značaj. Njegov lik, delo, posvećenost, misija i filozofija života živeće kroz generacije studenata, kolega, saradnika i prijatelja.

Bila je čast, privilegija i zadovoljstvo poznavati profesora Đevića i raditi sa njim.

*Uredništvo i saradnici časopisa
„Poljoprivredna tehnika“*

S A D R Ž A J

Dorić, J., Klinar, I.	
UTICAJ ENTROPIJE NA IZLAZNE PARAMETRE POGONSKIH OTO MOTORA SUS.....	1-10
Krstić, B., Krstić, V., Krstić, I.	
TRENDOVI RAZVOJA HIDRODINAMIČKIH MENJAČA MOTORNIH VOZILA.....	11-19
Stojić, B., Časnji, F., Poznić, A.	
MEHATRONIČKI SISTEMI TRAKTORA U FUNKCIJI SAVREMENE POLJOPRIVREDNE PROIZVODNJE.....	21-29
Radonjić, R.	
PROBLEMI UPRAVLJANJA VOZILIMA.....	31-37
Ružić, D., Časnji, F.	
POBOLJŠANJE MIKROKLIME U KABINI POLJOPRIVREDNIH MAŠINA PRIMENOM LOKALIZOVANE DISTRIBUCIJE VAZDUHA.....	39-47
Krstić, B., Krstić, I., Krstić, V.	
MOGUĆNOST PREDVIĐANJA OPTIMALNOG PERIODA EKSPLOATACIJE MOTORNIH VOZILA.....	49-58
Mileusnić, I.Z., Petrović, V.D., Miodragović, M.R., Dimitrijević, Aleksandra	
UTICAJ USLOVA EKSPLOATACIJE TRAKTORA NA NJEGOVU POUZDANOST I RADNI VEK.....	59-67
Radonjić, R., Janković, A., Antonijević, Đ	
POKAZATELJI AKTIVNE BEZBEDNOSTI POLJOPRIVREDNIH VOZILA.....	69-74
Oljača, V.M., Kovačević, D., Gligorević, K., Pajić, M., Dimitrovski, Z.	
NESREĆE SA VOZAČIMA TRAKTORA U JAVNOM SAOBRAĆAJU REPUBLIKE SRBIJE.....	75-82
Dolenšek, M., Jerončič, R., Bernik, R., Oljača, V.M.	
UDESI SA TRAKTORIMA U SLOVENIJI U PERIODU OD POSLEDNJE TRI DECENIJE.....	83-88
Dimitrovski ,Z., Oljača, V.M., Gligorević , K., Ružići, L.	
NESREĆE SA TRAKTORIMA NA JAVNIM PUTEVIMA U R. MAKEDONIJI.....	89-97
Danilović, M.	
TRANSPORT OBLOVINE MEKIH LIŠĆARA FORVARDEROM JOHN DEERE 1410 D U RAVNIČARSKIM PODRUČJIMA.....	99-111



UDK: 631.614.86

UTICAJ ENTROPIJE NA IZLAZNE PARAMETRE POGONSKIH OTO MOTORA SUS

Dorić Jovan, Klinar Ivan

Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Sadržaj: Iako su danas u poljoprivredi najviše zastupljeni dizel motori kao pogonska sredstva, pogotovo kao pogon traktora, otto motori ipak imaju velikog udela kod pogona poljoprivredne mehanizacije. Gde se njihova uloga ogleda uglavnom u pogonu kosačica, motokultivatora, pumpi ili kao sastavni deo postrojenja na farmama. Svakako treba dodati činjenicu da se ovakvi motori veoma lako konvertuju na druga pogonska goriva kao što su TNG, CNG ili biogas čime postaju svakim danom sve konkurentniji. U radu je prikazan ireverzibilan matematički model toplotnog oto motora. Model je razvijen tako da bi se dobio jasniji uvid u uticaj generisanja entropije adibatskih procesa, konačnog vremena odvijanja procesa i gubitaka usled transfera toplote. Izlazna snaga i termodinamička efikasnost ciklusa je predstavljena, kao i uticaj raznih parametara na ove vrednosti. Nekoliko interesantnih slučajeva je prikazano preko numeričke analize u vidu dijagrama. Naglasak je stavljen na optimizaciju otovog ciklusa u cilju uštede energije.

Ključne reči: *Oto ciklus, motor SUS, entropija, energetska efikasnost*

UVOD

Kako je poznato rad se u poljoprivredi u najvećem broju slučajeva dobija putem sukcesivnog širenja radnog tela u cilindru dizel motora. Međutim, iako sa nizom prednosti *Diesel*-ov ciklus nije najekonomičniji termodinamički ciklus toplotnih klipnih motora. Jedan od glavnih razloga za ovu neekonomičnost leži u činjenici da se kod ovog ciklusa toplota dovodi delimično pri konstantnoj zapremini a delimično pri konstantnom pritisku. Za razliku od ovog ciklusa kod oto ciklusa dovod toplote se odvija samo pri konstantnoj zapremini. Teorijski gledano oto ciklus poseduje veći stepen iskorišćenja dovedene toplote u odnosu na savremenih (Sabateov) ciklus. Prikazano relacijom 1.

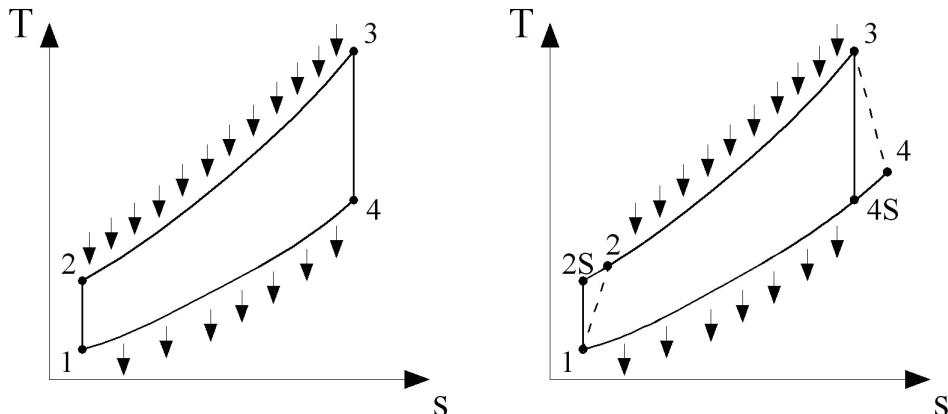
$$\eta_{kombinovani}^{dizel} = \frac{W}{Q_d} = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{\kappa-1}} \cdot \frac{\lambda \cdot \rho^\kappa - 1}{\lambda - 1 + \lambda \cdot \kappa \cdot (\rho - 1)} \quad (1)$$

$$\eta_{oto_t} = \frac{W}{Q_d} = \frac{C_V \cdot (T_3 - T_2) - C_V \cdot (T_4 - T_1)}{C_V \cdot (T_3 - T_2)} = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{\kappa-1}}$$

Postavlja se logično pitanje, zbog čega su onda dizel motori ekonomičniji u odnosu na oto izvedbe. Odgovor se može naći u vrednosti do koje se radno telo sme sabijati u cilindru motora kod dizel i oto motora. Dobro je poznato da su dizel motori kada je reč o stepenu sabijanja u velikoj prednosti samim tim što priroda dizel goriva dozvoljava veće sabijanje tokom takta kompresije. Međutim, zadnjih godina dolazi do intenzivnog razvoja oto motora čiji rad sve više podseća na rad dizel motora, u takvima motorima ne samo da je povećan stepen sabijanja nego je i paljenje smeša drugačije izvedeno. Na taj način oto ciklus svakim danom ponovo postaje konkurent na tržištu efikasnog rada.

ENTROPIJA U OTO CIKLUSU

Studije termodinamičkih ciklusa su danas relativno dobro proučene, ipak kako se rad savremenih toplovnih motora SUS bazira pre svega na realizaciji kružnih termodinamičkih ciklusa, uticaj pojedinih parametara i stanja radnog tela se svakodnevno istražuje. Kada se ostvaruje radni ciklus četvorotaktne izvedbe motora SUS dva takta su od presudnog značaja, takt sabijanja i takt širenja, zato što se u oba takta drastičnije menja unutrašnja energija radnog tela. U ovom radu će biti akcenat dat upravo na uticaju generisanja entropije prilikom ova dva takta. Kao što je poznato od suštinskog značaja je način na koji se motor ophodi prema promenama radnog tela, generisanje entropije tokom ova dva procesa je sastavni deo uticaja motora na kompresiju i ekspanziju. Na sl. 1a, dat je prikaz promena stanja radnog tela idealnog oto ciklusa u TS dijagramu. Ovakva promena stanja radnog tela moguća je samo u slučaju da ne dolazi do promene entropije tokom sabijanja i širenja radnog tela. Sabijanje i širenje radnog tela u realnim uslovima ne mogu teći pri konstantnoj vrednosti entropije, iz tog razloga je na sl. 1b prikazan realniji načeljan tok promene temperature u funkciji entropije.



Sl. 1: TS dijagram, a-idealnog oto ciklusa, b-prilikom generisanja entropije tokom sabijanja i širenja radnog tela

Sa sl. 1b se uočava da dolazi do povećanja entropije, gde proces 1-2 i 3-4 generiše entropiju, za razliku od procesa 1-2S i 3-4S. Oto ciklus predstavlja termodinamički model za opis rada motora pri kojem se toploplota dovodi pri konstantnoj zapremini, iako u relanim motorima dovođenje toploplota ne može da se odigra trenutno, a zbog kinematike klipnog mehanizma klip ne može da miruje duži vremenski period jasno je da je reč o aproksimaciji koja donekle može da opiše realne procese u cilindru motora. Tokom proteklih godina u literaturi se mogu sresti mnogi radovi na temu optimizacije Sabateovog ciklusa u motorima SUS [1-4], u ovom radu će biti prikazana optimizacija otovog ciklusa bazirana pre svega na termodinamici konačnog vremena. Ovakav prilaz termodinamici opisan je za dizel cikluse po autorima [5-7].

IREVERZIBILAN MODEL OTO CIKLUSA

Dijagram temperature i entropije (T-S) ireverzibilnog (nepovratnog) oto ciklusa prezentovan je ranije slikom 1. Pri čemu su definisane karakteristične tačke T_1 , T_{2S} , T_2 , T_3 , T_4 , T_{4S} koje predstavljaju temperature pri stanjima 1, 2S, 2, 3, 4, 4S. Proces 1-2S predstavlja izentropsku kompresiju (adijabatski reverzibilan), dok je proces 1-2 adijabatski ireverzibilan i oslikava realna zbivanja tokom kompresije. Dovođenje toploplota se odvija tokom procesa 2-3 i to striktno prilikom konstantne zapremine. Analogno opisanom, proces sabijanja 3-4S je adijabatski reverzibilan odnosno predstavlja izentropsku ekspanziju, dok proces 3-4 uzima u obzir ireverzibilnost koje egzistira prilikom relanih procesa širenja. Odavanje toploplota prilikom procesa 4-1 zaokružuje desnokretni termodinamički ciklus i odvija se pri konstantnoj zapremini kao što je to poznato iz modela otovog ciklusa. Treba napomenuti da temperature T_1 i T_4 zavise pre svega od temperature ambijenta i karakteristike goriva respektivno, stoga će se u ovom slučaju usvojiti kao konstante odredene vrednosti koje će kasnije biti definisane tokom numeričke analize. Kada se analizira idealan gas kao radni fluid oto ciklusa, dovedena i odvedena toploplota se mogu definisati preko relacija (2) i (3).

$$Q_{in} = Q_{23} = C_V(T_3 - T_2) \quad (2)$$

$$Q_{out} = Q_{41} = C_V(T_4 - T_1) \quad (3)$$

Pri čemu je C_V specifična toploplota radnog tela pri konstantnoj zapremini. Kako je bilo spomenuto, prilikom sabijanja i širenja dolazi do povećavanja entropije sistema, takav uticaj se može predstaviti preko uslovno rečeno efikasnosti sabijanja i efikasnosti širenja definisane relacijama (4) i (5).

$$\eta_k = (T_{2S} - T_1)/(T_2 - T_1) \quad (4)$$

$$\eta_{ek} = (T_4 - T_3)/(T_{4S} - T_3) \quad (5)$$

Temperatura T_2 u funkciji ireverzibilnosti procesa se može dobiti uz korišćenje adijabatskih jednačina idealnog gasa u sprezi sa jednačinama (4) i (5), pri čemu je T_2 jednako (6)

$$T_2 = (1 - 1/\eta_c)T_1 + (1/\eta_c)T_1^\gamma T_3^{\gamma-1} r_p^{\gamma-1} \quad (6)$$

Dok se T_4 dobija iz relacije (7).

$$T_4 = (1 - \eta_e)T_3 + \eta_e T_1^{1-\gamma} T_3^\gamma r_p^{1-\gamma} \quad (7)$$

Pri čemu je $\gamma = C_p/C_v$, a $r_p = p_3/p_1$ i predstavlja odnos maksimalnog i minimalnog pritiska radnog tela.

Kod realnih ciklusa motora pored ireverzibilnosti koja vlada tokom sabijanja i širenja, postoji još ireverzibilnosti koje utiču na izlazne karakteristike ciklusa. Na primer prenos topote i gubici usled trenja. Definisati stvarni prelaz topote prilikom sagorevanja je vrlo komplikovano i obimno [8]. Dovedena topota prilikom sagorevanja data je linearnom funkcijom (8).

$$Q_{in} = \alpha - \beta(T_2 + T_3) \quad (8)$$

Pri čemu su α i β konstante sagorevanja i prenosa topote. Jednačina (8) implicira da se transfer topote između radnog tela i cilindra pokorava Njutnovom zakonu [9] i da su gubici usled prenosa topote proporcionalni temperaturnoj razlici zida cilindra i radnog tela. Tako se jednačina (8) može napisati u drugom obliku (9).

$$Q_{in} = Q_T - K[(T_2 + T_3)/2 - T_o] = Q_T - \beta(T_2 + T_3 - 2T_o) \quad (9)$$

Pri čemu je Q_T ukupna dovedena topota sagorevanjem, $K = 2\beta$ predstavlja termičku provodljivost, T_o je srednja temperatura zida cilindra.

U cilju optimizacije snage neophodno je u proračun ubaciti period ciklusa. Uglavnom se u literaturi podrazumeva da je vreme procesa proporcionalno razlici temperatura [10].

$$t_{23} = \delta_1(T_3 - T_2) \quad (10)$$

$$t_{41} = \delta_2(T_4 - T_1) \quad (11)$$

Pri čemu su δ_1 i δ_2 konstante proporcionalnosti. Takođe vreme koje protekne za odvijanje dva adijabatska procesa jednak je vremenu razmene topote, pa se može napisati relacija (12).

$$t_{12} + t_{34} = a(t_{23} + t_{41}) \quad (12)$$

Gde je a takođe koeficijent proporcionalnosti. Preko jednačina (10-12) dobija se period ciklusa koji iznosi.

$$\tau = t_{12} + t_{23} + t_{34} + t_{41} = (1+a)\delta_1 \left[(T_3 - T_2) + \frac{\delta_2}{\delta_1} (T_4 - T_1) \right] \quad (13)$$

Konačno se mogu dobiti izrazi za snagu i efikasnost.

$$P = \frac{W}{\tau} = \frac{C_V}{(1+a)\delta_1} \frac{(T_3 - T_2) - (T_4 - T_1)}{(T_3 - T_2) + \delta_2/\delta_1(T_4 - T_1)} \quad (14)$$

$$\eta = \frac{W}{Q_T} = \frac{(T_3 - T_2) - (T_4 - T_1)}{(T_3 - T_2) + (\beta/C_V)(T_2 + T_3 - 2T_O)} \quad (15)$$

Ako se uvrste sledeće zamene

$$d_1 = -\eta_e T_1^{1-\gamma} T_3^\gamma \quad (16a)$$

$$d_2 = (1/\eta_k)T_1 + (1-\gamma)T_3 + (\gamma-1+\eta_k)T_3 \quad (16b)$$

$$d_3 = -(1/\eta_k)T_1^\gamma T_3^{1-\gamma} \quad (16c)$$

$$d_4 = \delta_2/\delta_1(\eta_e T_1^{1-\gamma} T_3^\gamma) \quad (16d)$$

$$d_5 = (1/\eta_k - 1 - \delta_2/\delta_1)T_1 + [\delta_2/\delta_1(1 - \eta_e)]T_4 \quad (16e)$$

$$d_6 = (1 - 1/\eta_k)(\beta/C_V - 1)T_1 + (1 - \gamma)T_3 + (\beta/C_V + \gamma)T_3 - 2(\beta/C_V)T_O \quad (16f)$$

$$d_7 = (1/\eta_k)(\beta/C_V - 1)T_1^{\gamma-1} T_3^{1-\gamma} \quad (16g)$$

Dobijaju se izrazi (17) i (18) koji predstavljaju takođe izraze za snagu i efikasnost, respektivno, ali u drugom obliku.

$$P = \frac{C_V}{(1+a)\delta_1} \frac{d_1 + d_2 r_p^{\gamma-1} + d_3 r_p^{2(\gamma-1)}}{d_4 + d_5 r_p^{\gamma-1} + d_6 r_p^{2(\gamma-1)}} \quad (17)$$

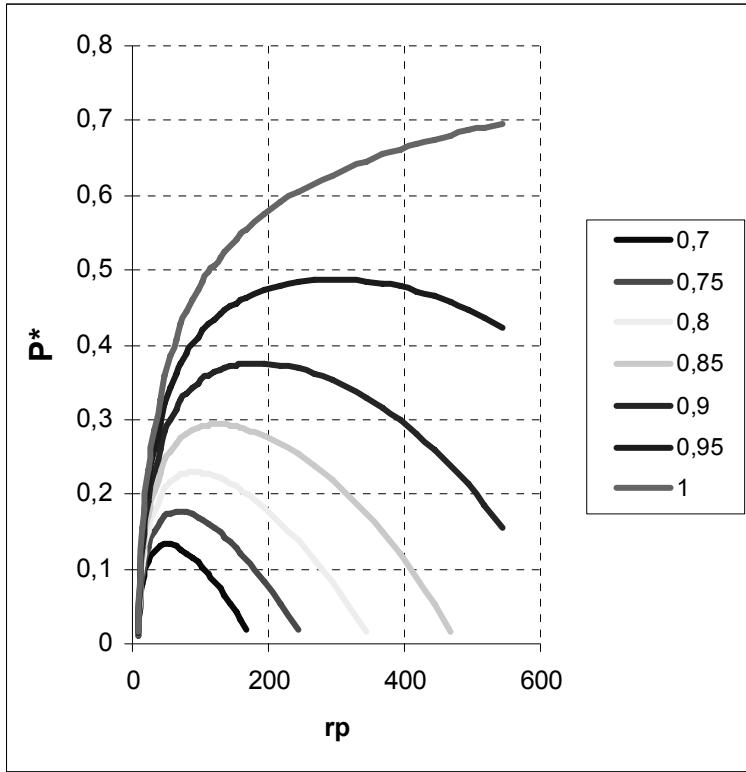
$$\eta = \frac{d_1 + d_2 r_p^{\gamma-1} d_3 r_p^{2(\gamma-1)}}{d_6 r_p^{\gamma-1} + d_7 r_p^{2(\gamma-1)}} \quad (18)$$

NUMERIČKI REZULTATI

Preko jednačina (17) i (18) mogu se razviti krive snage i korisnosti u zavisnosti od odnosa pritiska. Polazni parametri koji su uzeti u obzir su sledeći: $T_1=340$ K, $T_3=2500$ K, $T_O=T_1$, $\gamma=1.4$, $\delta_1=\delta_2$. Takve krive su prikazane slikama 2 i 3. Pri čemu je na sl. 2 prikazana kriva bezdimenzione snage P^* koja je definisana relacijom (19). Pri tom se zbog jednostavnijeg računa usvojene pretpostavke da je $\eta_k = \eta_e$ i da se vrednosti menjaju od 0.7, 0.75, 0.8, 0.85, 0.9, 0.95 i 1.

$$P^* = P / \{C_V [(1+a)\delta_1]\} \quad (19)$$

Kao što se može uočiti sa dobijenih rezultata postoje vrednosti odnosa maksimalnog i minimalnog pritiska pri kojima egzistira maksimalna izlazna snaga i efikasnost ali samo kada su ispunjeni uslovi $\eta_k < 1$ i $\eta_e < 1$ i $\beta / C_V > 0$. Da bi se dobila vrednost odnosa maksimalnog i minimalnog pritiska r_p pri kojima egzistira maksimalna efikasnost i snaga mogu se koristiti izrazi (20) i (21).



Sl. 2. Uticaj stepena nepovratnosti procesa na bezdimenzionu snagu

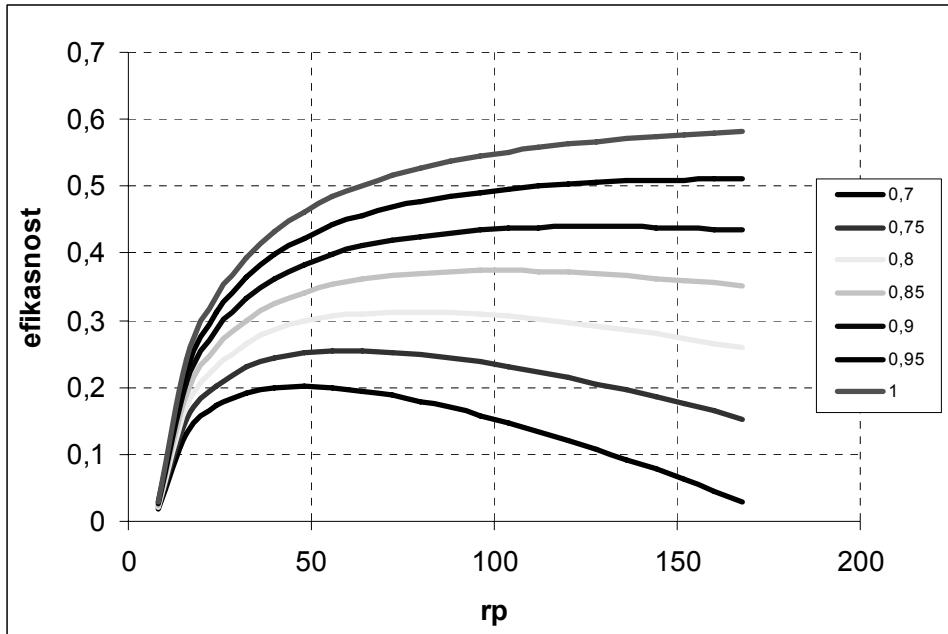
$$r_{pp} = \left(\frac{d_1 - d_4 - \sqrt{d_8}}{d_5 - d_2} \right)^{1/(\gamma-1)} \quad (20)$$

$$r_{p\eta} = \left(\frac{-d_1 d_7 + \sqrt{d_9}}{d_2 d_7 - d_3 d_6} \right)^{1/(\gamma-1)} \quad (21)$$

Pri čemu su:

$$d_8 = (d_1 - d_4)^2 - (d_2 d_4 - d_1 d_5)(d_5 - d_2)/d_3 \quad (22a)$$

$$d_9 = d_1^2 d_7^2 - d_1 d_2 d_6 d_7 + d_1 d_3 d_6^2 \quad (22b)$$



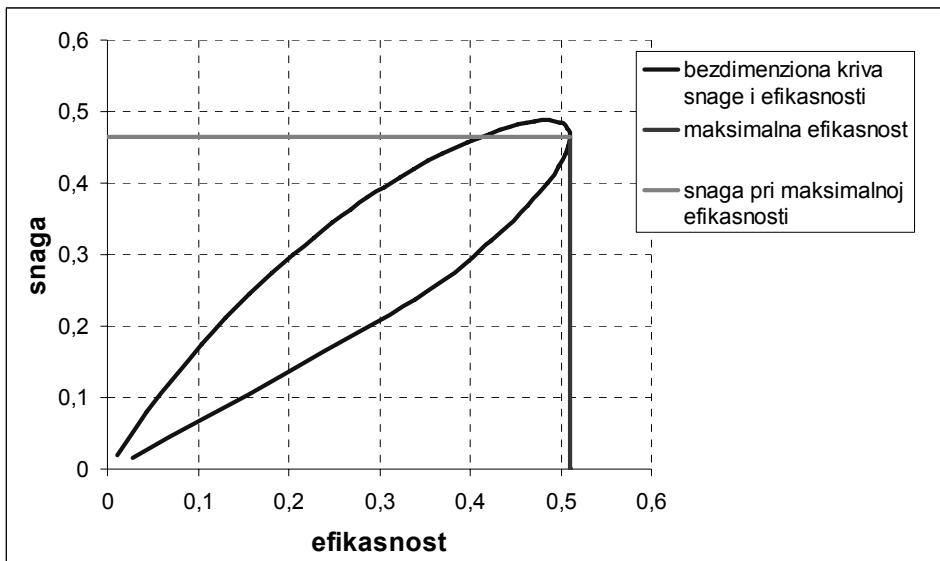
Sl. 3: Uticaj stepena nepovratnosti procesa na efikasnost motora

Zamenom jednačina (20) i (21) u (17) i (18) dobijaju se sledeći izrazi za maksimalnu snagu i maksimalnu efikasnost (23) i (24).

$$P_{max} = \frac{C_V}{(1+a)\delta_1} \left[d_1(d_5 - d_2)^2 + d_2(d_5 - d_2)(d_1 - d_4 - \sqrt{d_8}) + d_3(d_1 - d_4 - \sqrt{d_8})^2 \right]^{-1} \times \left[d_4(d_5 - d_2)^2 + d_5(d_5 - d_2)(d_1 - d_4 - \sqrt{d_8}) + d_3(d_1 - d_4 - \sqrt{d_8})^2 \right]^{-1} \quad (23)$$

$$\eta_{max} = \left[d_1(d_2 d_7 - d_3 d_6)^2 + d_2(d_2 d_7 - d_3 d_6)(-d_1 d_7 + \sqrt{d_9}) + d_3(-d_1 d_7 + \sqrt{d_9})^2 \right]^{-1} \times \left[d_6(d_2 d_7 - d_3 d_6)(-d_1 d_7 + \sqrt{d_9}) + d_7(-d_1 d_7 + \sqrt{d_9})^2 \right]^{-1} \quad (24)$$

Iz jednačina (17) i (18) mogu se razviti krive bezdimenzione snage i efikasnosti, pri čemu ovakva funkcionalna zavisnost zavisi od stepena nepovratnosti. Jedna takva kriva prikazana je na sl. 3, u ovom slučaju prikazana je kriva za stepen nepovratnosti od 0,95.



Sl. 3: Bezdimenziona zavisnost efikasnosti i snage

Sa sl. 3 se uočava da prikazana situacija dokazuje da zapravo postoje dva osnovna režima rada, kada kriva ima pozitivan i kada kriva ima negativan nagib, ovo je veoma važna konstatacija iz koje se mogu analizirati optimalni režimi rada oto motora SUS.

ZAKLJUČAK

Krive na slikama 2 i 3 predstavljaju uticaj nepovratnosti procesa sabijanja i širenja na korisnost i snagu termodinamičkog ciklusa, pri čemu su uzeti parametri $\eta_k = \eta_e$ i vrednosti od 0.7, 0.75, 0.8, 0.85, 0.9, 0.95 i 1 respektivno. Može se uočiti da sa povećanjem nepovratnosti procesa dolazi do smanjenja izlazne snage i korisnosti. Takođe se uočava da sa povećanjem odnosa maksimalnog i minimalnog pritisaka rastu i efikasnost i snaga. Ovo je veoma bitna konstatacija s obzirom na činjenicu da je trend razvoja savremenih oto motora takav da oni procentualno sve manje entropije generišu prilikom sabijanja i širenja radnog tela. Druga veoma važna informacija koja proističe iz opisanih rezultata se nalazi u činjenici da se sa povećanjem odnosa pritisaka dobija veća efikasnost, trend razvoja oto motora zadnjih godina je takav da se putem povećanja ovih vrednosti približio vrednostima efikasnosti dizel motora.

Preko analize date na sl. 3, može se doći do zaključka da postoje pojedini režimi koji su podložni optimizaciji. Na primer, uočava se da kod ovakvog opisanog ciklusa kriva poseduje i pozitivan i negativan nagib, pri tome u radu motora pri jednom režimu dolazi do porasta i snage i korisnosti ciklusa dok u drugom dolazi do smanjenja obe vrednosti. Sa prikazanim dijagrama lako se dolazi do uočavanja povoljnijih oblasti rada motora. Jedan od važnih parametara je svakako izlazna snaga motora, gde se iz ove analize uočava da motor može dati istu snagu pri različitim vrednostima efikasnosti,

naravno sa aspekta dobijanja "čistijeg" rada uvek se teži dobijanju rada uz povećanu efikasnost. Takođe se kao zaključak izvodi da efikasnost ciklusa rapidno opada sa povećanjem gubitka toplice preko zidova cilindra, kao i da povećanje nepovratnosti uslovljava smanjenje efikasnosti i snage.

LITERATURA

- [1] S.S. Hou, Heat transfer effects on the performance of an air standard Dual cycle, *Energy Conversion Management* 45 (2004) 3003–3015.
- [2] J. Lin, L. Chen, C. Wu, F. Sun, Finite-time thermodynamic performance of a dual cycle, *International Journal Energy Research* 23 (9) (1999) 765–772.
- [3] B.,Sahin, O.A. Özsoysal, O.S. Sögüt, A comparative performance analysis of endoreversible dual cycle under maximum ecological function and maximum power conditions, *Exergy International Journal* 2 (2002) 173–185.
- [4] L. Chen, F. Sun, C.Wu, Optimal performance of an irreversible dual-cycle, *Applied Energy* 79 (2004) 3–14.
- [5] A. Parlak, B. Sahin, H. Yasar, Performance optimization of an irreversible dual cycle with respect to pressure ratio and temperature ratioexperimental results of a ceramic coated IDI Diesel engine, *Energy Conversion Management* 45 (2004) 1219–1232.
- [6] A. Parlak, H. Yasar, B. Sahin, Performance and exhaust emission characteristics of a lower compression ratio LHR Diesel engine, *Energy Conversion Management* 44 (2003) 163–175.
- [7] A. Parlak, Comparative performance analysis of irreversible Dual and Diesel cycles under maximum power conditions, *Energy Conversion Management* 46 (2005) 351–359.
- [8] D.A. Blank, C. Wu, The effect of combustion on a power optimized endoreversible Diesel cycle, *Energy Conversion Management* 34 (1993) 493–498.
- [9] A. Bejan, *Advanced Engineering Thermodynamics*, John Wiley & Sons, New York, 1988.
- [10] F. Angulo-Brown, J. Fernández-Betanzos, C.A. Díaz-Pico, Compression ratio of an optimized Otto cycle model, *European Journal of Physics* 15 (1) (1994)38–42.

ENTROPY EFFECT ON OUTPUT PARAMETERS IN POWERTRAIN OTTO IC ENGINE

Dorić Jovan, Klinar Ivan

Faculty of Technical Science, Novi Sad

Abstract: Although today in agriculture the most represented power source are diesel engines, especially for tractors power, Otto engines still have significant impact during operation of agricultural machinery. Where they are most used for power of mowers, cultivators, pumps, or as part of power for plants on farms. It must be added the fact that these engines can easily convert to other fuels such as LPG, CNG or biogas, which are becoming every day more and more competitive. This paper presents a mathematical model of irreversible Otto heat engine. The model was developed to give a clear insight

into the effect of generating entropy adiabatic process, final time conducting and losses due to heat transfer. Output power and thermodynamic efficiency of Otto cycle is presented, and the influence of various parameters on this value. Several interesting cases are shown through numerical analysis in the form of diagrams. Emphasis is placed on optimizing of the Otto cycle.

Key words: *Otto cycle, ic engine, entropy, energy efficiency.*



UDK: 631.1

TRENDOVI RAZVOJA HIDRODINAMIČKIH MENJAČA MOTORNIH VOZILA

Božidar Krstić¹, Vojislav Krstić², Ivan Krstić³

¹Mašinski fakultet u Kragujevcu,

²Saobraćajni fakultet u Beogradu,

³Fakultet tehničkih nauka u K. Mitrovici

Sadržaj: U radu se analiziraju aktuelna rešenja transmisija sa hidrodinamičkim prenosnikom snage, kao i mogućnosti koje ona pružaju u pogledu poboljšanja performansi i ekonomičnosti motornih vozila. Na osnovu statističke analize celokupne svetske producije hidrodinamičko-zupčastih menjača, u radu su prikazani njihovi osnovni konstruktivni parametri kao i rasprostranjenost pojedinih koncepcija i savremenih konstruktivnih rešenja.

Ključne reči: hidrodinamičko-zupčasti menjači, motorna vozila

UVOD

Temeljno analiziran prenos snage hidrodinamičkim prenosnicima snage (HDPS), a ne samo na osnovu trenutno uočljivih karakteristika, dovelo je do stvaranja uslova za njihovu široku primenu. Takav prilaz doveo je do konačne afirmacije HDPS. Mnogobrojna teorijska i eksperimentalna istraživanja u oblasti HDPS, kao i praćenje njihovog ponašanja u eksploraciji potvrdila su značaj i opravdanost njihove primene. Pošto HDPS ne mogu da obezbede neophodne kinematske, dinamičke i ekonomske pokazatelje, kakve zahtevaju različiti uslovi eksploracije motornih vozila, kombinuju se sa zupčastim menjačima (ZM). Ta kombinacija najčešće se naziva hidrodinamičko-zupčasti menjač (HDZM). HDZM, znači predstavlja kombinaciju HDPS i odgovarajućeg ZM. Kombinacije HDS i ZM, naročito za primenu u motornim vozilima, danas su vrlo retke. Najširu primenu imaju kombinacije HDM i ZM. HDM vrši funkciju kontinualne promene brzine i obrtnog momenta, a ZM proširuje interval tih promena uz zadovoljavajući koeficijent iskorišćenja. HDZM moguće je prilagoditi zahtevima eksploracije. Posebno od velikog značaja je mogućnost koju ova kombinacija dozvoljava da se jedan određeni HDM spreže sa različitim motorima samo varijacijom prenosnog odnosa ZM. Postoji veliki broj mogućih rešenja HDZM koja se mogu ugradivati u drumska vozila [1].

Zavisno od vrste motornog vozila, karakteristika pogonskog motora i uslova u kojima motorno vozilo izvršava svoj zadatak, potrebitno je detaljno izvršiti analizu mogućih rešenja HDPS za ugradnju. Pri tome neophodno je uzeti u obzir iskustva iz eksploatacije postojećih rešenja za analiziranu kategoriju vozila. Projektovanju i konstrukciji novog HDPS treba pristupiti tek nakon sagledavanja svih prednosti i nedostataka postojećih rešenja, za sličnu ili istu namenu, do kojih se došlo ispitivanjem u laboratorijskim ili eksploatacijskim uslovima.

Posebna pažnja u razvoju HDPS usmerava se na njihov stepen korisnosti i aktivnosti koje je neophodno preduzeti u cilju njegovog povećanja (optimizacija radnog prostora, usaglašavanje zajedničkog rada pogonskog motora i HDPS, optimizacija veze HDPS i zupčastog dela HDZM, iznalaženje optimalnog rešenja sistema upravljanja promene stepena prenosa u zupčastom delu HDZM). Zahtevi koje treba da zadovolji HDZM su najčešće suprotni te se uglavnom usvajaju neka kompromisna rešenja.

Cilj rada je prikaz analize mogućih rešenja HDM i HDZM za ugradnju u motorna vozila.

ANALIZA MOGUIH REŠENJA HIDRODINAMIČKIH MENJAČA ZA MOTORNA VOZILA

U zavisnosti od uslova rada HDM i zahteva koji se pred njim postavlja HDM mogu imati različita konstruktivna izvođenja [1]. U zavisnosti od toga, da li je moguće okretanje reaktorskog kola ili ne, razlikuju se nekompleksni i složeni-kompleksni HDM. Prema broju turbinskih kola u radnom prostoru razlikuju se: jednostepeni, dvostepeni i višestepeni HDM. Prema broju cirkulacionih površina razlikuju se: jednocirkulacioni i višecirkulacioni HDPS. HDM sa pomerljivim usmerenim aparatom, zbog relativno niskog stepena korisnosti nije našao veliku primenu.

Oblici lopatičnih kola HDM, kao i redosled proticanja radnog fluida kroz njih, zavisi od njegove namene i dijapazona promene radnih režima, odnosno od karakteristika koje se žele ostvariti njihovom primenom. U primeni su dve osnovne šeme kretanja fluida kroz HDM, i to: prva-pumpno, turbinsko, reaktorsko kolo i druga - pumpno reaktorsko, turbinsko kolo.

Radi obezbeđenja većeg prenosnog odnosa ili bolje prilagodljivosti promeni radnog režima primenjuju se HDM sa više turbinskih i/ili reaktorskih kola. Ugradnjom mehaničkih jednosmernih spojnica, u određenim radnim područjima, prekida se veza između sprovodnog aparata-reaktora i kućišta HDM, čime se omogućuje bolja prilagodljivost promeni radnih režima i ostvarenje većeg stepena korisnosti u širokom području eksploatacije. Ovi HDM nazivaju se i kompleksni ili složeni, jer u jednom delu radnog područja rade kao HDM, a u drugom kao HDS. Složeni HDM mogu imati ne samo više turbinskih i reaktorskih kola, već i više pumpnih kola. Složeni-kompleksni HDM objedinjuju karakteristike HDM i HDS. Pri niskim prenosnim odnosima, kada je $M_T > M_P$, on radi kao HDM, a kada se momenti na pumpnom i turbinskom kolu izjednače ($M_T = M_P$), automatski usled promene smera hidrauličkog momenta, oslobada se veza usmerenog aparata-reaktora sa kućištem, zahvaljujući jednosmernoj spojnicu, te HDM onda radi kao HDS. Reaktorsko kolo se na tom režimu ili slobodno obrće ili se automatski zakačinje za pumpno ili turbinsko kolo i postaje njihov sastavni deo. Primenom ovakvih HDM, u većoj meri, se proširuje oblast njihovog rada sa visokim

stepenom korisnosti. Proširenje oblasti rada HDM, sa visokim vrednostima stepena korisnosti, može se postići i blokiranjem (ostvarivanjem mehaničke veze ulaznog i izlaznog vratila HDM) u trenutku kada stepen korisnosti HDM počinje da opada. Blokada se najčešće ostvaruje odgovarajućim frikcionim mehanizmom. Radna kola HDM blokiraju se pri relativno niskim prenosnim odnosima.

Analizom karakteristika HDM, može se zaključiti da za istu vrednost promene prenosnog odnosa, promena momenta, koja se ostvari na turbinskom kolu je mnogo veća nego na pumpnom kolu. Ovo znači da HDM, zavisno od opterećenja, vrši promenu izlaznog momenta na račun promene ugaone brzine obrtanja izlaznog vratila, a da pri tome održava rad motora u optimalnom režimu. Zahvaljujući ovoj osobini HDM je dobio široku primenu na motornim vozilima. Jedan od važnijih zahteva, pored zahteva za što manjim gabaritima, koji se postavlja pred HDM je visok stepen korisnog dejstva u radnoj zoni (pri $i=0,4$ do $0,8$) ne manji od $0,84$. Praksa je pokazala da ovom zahtevu najbolje odgovara jednostepeni kompleksni HDM sa centripetalnim turbinskim kolom i simetrično postavljenim radnim kolima. Zona rada, sa stepenom korisnosti većim od $0,8$ u HDM sa centripetalnom turbinskim kolom, šira je nego u HDM drugih tipova. Kod HDM sa centrifugalnim ili aksijalnim turbinskim kolom prenosni odnos najčešće se kreće u granicama $0,65$ do $0,8$ [1].

Praksa je pokazala da za vozila visoke prohodnosti najprihvatljivija je transmisija koja u svom sastavu ima kompleksni HDM sa koeficijentom promene obrtnog momenta $K=1,7$ do 2 , u kombinaciji sa četvorostepenim ili šestostepenim zupčastim menjačem. U lakinim automobilima, gde HDM duže vremena radi bez promene obrtnog momenta, znači na režimu rada HDS, celishodno je ugraditi prozračni HDM sa relativno malim koeficijentom promene obrtnog momenta pri startu ($K_o=2$ do $2,5$). Vrednosti koeficijenta promene obrtnog momenta HDM, primenjenih u praksi, je $K<5$. Za primenu na teretnim drumskim vozilima najbolje je primenjivati jednostepene kompleksne HDM sa koeficijentom prozračnosti $1,2$ do $1,6$.

U HDM se ugrađuje najčešće jedno pumpno kolo, a broj turbinskih i reaktorskih kola može biti veći. Praksa je pokazala da, ukoliko je hidraulički prenosni odnos HDM $i=0,4$ do $0,8$ potreban je jednoturbinski HDM pri $i=0,2$ do $0,4$ dvoturbinski i pri $i=0,3$ troturbinski HDM.

Broj reaktorskih kola bira se u funkciji broja turbinskih kola. U jednoturbinskim HDM ugrađuje se najčešće jedno reaktorsko kolo. Pri pravougaonom obliku meridijanskog preseka HDM i centrifugalnoj turbini, po pravilu, postavljaju se dva reaktorska kola. U višeturbinskom HDM broj reaktorskih kola jednak je broju turbinskih kola ili za jedan manji. Reaktorsko kolo postavlja se ispred svake turbine. Poslednjih godina primenjuju se i svestranije istražuju osne i dijagonalne pumpe. One se primenjuju pri $i=0,1$ do $0,2$. Radi dobijanja visokoenergetskih pokazatelja preporučuje se redosled lopatičnih kola: pumpno, turbinsko, reaktorsko - za HDM istog smera i pumpno, reaktorsko, turbinsko - za HDM suprotnog smera. Po pravilu HDM suprotnog hoda izvode se sa dva reaktorska kola - iza pumpnog i iza turbinskog.

Na drumskim vozilima najčešće se koriste HDM istog smera obrtanja ulaznog i izlaznog vratila. Kompleksni HDM je savremeno i masovno primenjeno rešenje za ugradnju u drumska vozila. Onog trenutka, kada se izjednači obrtni moment pumpnog i turbinskog kola i kada stepen korisnog dejstva počinje da opada, zahvaljujući jednosmernoj spojnici, reaktorsko kolo počinje da se okreće u smeru strujanja fluida i HDM prelazi sa režima rada HDM na režim rada HDS.

Na taj način povećava se stepen korisnog dejstva HDM i proširuje oblast njihove ekonomične primene. Veći broj konstrukcija HDM ima mogućnost automatskog pokretanja lopatica kola HDM, tako da zauzimaju uvek optimalan položaj pri kome se udarni gubici, pri strujanju radnog fluida iz jednog u drugo lopatično kolo, minimalni. Ovo rešenje je jako povoljno jer povećava stepen korisnog dejstva HDM u širokoj oblasti njegove primene. Primena složenog automatskog sistema za pokretanje lopatica kola usložnjava i poskupljuje ovakvu konstrukciju. Nekompleksni HDM se redje primenjuju na drumskim vozilima jer imaju nizak stepen korisnosti u oblasti većih prenosnih odnosa. HDM, sa mogućnošću blokiranja radnih kola, široko se primenjuju na teretnim drumskim vozilima. Kod HDM sa suprotnosmernim obrtanjem pumpnog i turbinskog kola, moment na reaktorskom kolu jednak je zbiru momenta na pumpnom i turbinskem kolu, koji u ovom slučaju imaju iste intenzitete samo suprotnog smera. Kod ovih HDM, moment na reaktorskom kolu ne iščezava i ne menja smer u celom vučnom području. Iz tog razloga, ovakvi HDM, ne mogu se graditi kao kompleksni.

HDM ostvaruju se dva područja kočenja, jedno sa suprotnosmernim obrtanjem, a drugo sa preticanjem. Turbinsko kolo se, pri suprotnosmernom obrtanju, obrće suprotnosmerno, u odnosu na obrtanje pri vučnim režimima. Pri preticanju, ovo kolo se obrće u istom smeru kao i pri vuči, ali sa brzinama većim od maksimalne vučne. Energija potrebna za obrtanje turbinskog kola se dovodi, pri kočnim režimima, preko izlaznog vratila. U vučnom režimu, kod HDS je maksimalna vrednost ugaone brzine obrtanja izlaznog vratila jednak ugaonoj brzini obrtanja ulaznog vratila ($\omega_{2\max}=\omega_1$). Kod HDM, pri vučnom režimu, ne mora da bude tako. Tako je za HDM različitih tipova $\omega_{2\max}\geq\omega_1$ ili $\omega_{2\max}<\omega_1$ (odnosno $i_{\max}=\omega_{2\max}/\omega_1\geq 1$ ili $i_{\max}<1$), što zavisi od oblika radnog prostora i optimalne vrednosti prenosnog odnosa, kada je stepen korisnosti najveći. Pri $i=i_1$, obrtni moment pumpnog i turbinskog kola se izjednačuju, a u području od $i=i_1$ do $i=i_{\max}$ moment turbinskog kola je manji od momenta pumpnog kola. Granicu vučnog područja definiše maksimalna vrednost prenosnog odnosa (i_{\max}) kada obrtni moment izlaznog vratila i stepen korisnosti HDM ima vrednost nula ($M_2=0, \eta=0$).

Što je kriva obrtnog momenta izlaznog vratila HDM strmija, to se on efikasnije prilagođava promeni opterećenja jer za isti priraštaj izlaznog momenta (ΔM_2) odgovarajuća promena prenosnog odnosa (Δi) je manja. Međutim, što je ova kriva strmija otežavaju se radni uslovi pogonskog motora.

Kada je neophodno podešavati broj obrtaja izlaznog vratila, pri nepromenljivom momentu i broju obrtaja ulaznog vratila primenjuju se tzv. regulacioni HDM. Kod ovakvih HDM regulisanje njihovog rada moguće je realizovati promenom broja obrtaja ulaznog vratila, promenom punjenja, menjanjem nagiba lopatica pumpnog kola, menjanjem nagiba lopatica reaktorskog kola i prigušivanjem protoka. Regulisanje HDM, promenom brzine obrtanja pumpnog kola, može se ostvariti samo ukoliko je moguće podešavanje brzine obrtanja pogonskog motora. To je najčešće korišćeni, i najekonomičniji način regulisanja HDM, posebno na mobilnim mašinama.

Regulisanje brzine obrtanja izlaznog vratila, menjanjem količine fluida u radnom prostoru HDM, pri konstantnoj brzini obrtanja ulaznog vratila, može se vršiti kao i kod HDS. To se u praksi ne čini jer se na taj način povećavaju otpori kretanju fluida u radnom prostoru HDM, a samim tim se smanjuje njegov stepen korisnosti. Primenom ovakvog načina regulisanja povećava se mogućnost pojave kavitacije, a samim tim i smanjuje pouzdanost zbog mogućnosti pojave oštećenja lopatica i drugih delova HDM.

Regulisanje promenom punjenja je najnepovoljnije i skoro da nije našlo primenu u praksi.

Regulisanje brzine obrtanja izlaznog vratila HDM, menjanjem nagiba njegovih pumpnih ili reaktorskih lopatica, pri konstantnoj brzini obrtanja ulaznog vratila i pri stalnoj vrednosti obrtnog momenta izlaznog vratila, povoljnije je od prethodnog načina regulisanja, ali nepovoljnije od regulisanja promenom brzine obrtanja pumpnog kola. Regulisanje brzine obrtanja izlaznog vratila HDM gušenjem moguće je ostvariti pomeranjem zasuna u radnom prostoru, čime se menja vrednost otpora kretanju fluida u njemu. Na taj način pogoršavaju se eksplataciono-tehničke karakteristike HDM, prvenstveno smanjuje se njegova ekonomičnost. Primena ovakvog načina regulisanja HDM u praksi je zanemarljiva.

Pitanje primene HDZM je posebno delikatno. Koje rešenje će biti primenjeno zavisi prvenstveno od namene motornog vozila. Postoji veliki broj mogućih rešenja HDZM za ugradnju u motorna vozila. Pri razvoju HDZM postavlja se niz pitanja na koje treba dati odgovore. Osnovna pitanja uglavnom su: Koje tehnoekonomske karakteristike, za date uslove eksplatacije, HDZM mora da ima; Koja rešenja HDM i ZM usvojiti; Kako izvršiti sintezu komponenata HDZM; Kako izvršiti usaglašavanje rada pogonskog motora i HDZM; Koji tip upravljanja primeniti i sa kojim komponentama ostvariti upravljačku funkciju; Koje materijale i tehnologiju izrade i montaže HDZM primeniti; Koje postupke tehnologija održavanja primeniti tokom eksplatacije HDZM na motornom vozilu. Sva ova pitanja zaslužuju posebnu pažnju. Ipak, problematične optimizacije radnog prostora HDPS, kao osnovne komponente HDZM, posvećuje se posebna pažnja [3]. Zavisno od vrste motornih vozila, karakteristika pogonskog motora i uslova u kojima vozilo izvršava svoj zadatak, potrebno je izvršiti detaljnu analizu svakog mogućeg rešenja HDZM, za ugradnju u dato motorno vozilo, i usvojiti ono rešenje koje daje najbolje rezultate.

Celokupna snaga od pogonskog motora, pri svim uslovima rada, pri primeni HDZM sa rednim sprezanjem HDM i ZM, cirkuliše i kroz HDM i kroz ZM. Uvođenjem funkcije spojnice za blokiranje radnih kola HDM može se povećati stepen korisnog dejstva pri većim vrednostima hidrauličkog prenosnog odnosa HDM. Pri aktiviranoj spojnici HDZM radi kao "čist" ZM. Izbor optimalnog trenutka za blokiranje je problem kome se mora posvetiti posebna pažnja. Uvođenje mogućnosti blokiranja zahteva dosta složen sistem za upravljanje blokadom.

Tokom razvoja HDZM došlo se na ideju da se preko HDM, u HDZM, ne prenosi ukupna snaga, nego da se razdvoji na taj način što bi se jedan deo prenosi preko HDM, a drugi preko ZM. Pošto se samo jedan deo snage prenosi preko HDM, njegovi gabariti i masa su manji. Sa druge strane, manji stepen korisnog dejstva HDM odnosi se samo na deo ukupne snage te je ukupni stepen korisnog dejstva, pri prenosu celokupne snage, veći. Primena grananja snage ima i svojih nedostataka. Prvo, ukoliko je manja snaga, koja se prenosi preko grane u kojoj je HDM, utoliko je prenos snage "tvrdi". Drugo, uštedom na smanjenju gabarita HDM povećavaju se troškovi zbog primene mehanizma za razdvajanje odnosno spajanje snage.

Samo grananje, u odnosu na HDM, u HDZM, može da bude unutrašnje i spoljašnje [1,2,3].

Unutrašnje grananje realizuje se HDZM koji se sastoji od HDM, planetarnog ZM i kočnica. Reaktorsko kolo se obrće u suprotnom smeru od turbineskog kola i prenosi jedan

deo snage koji se spaja sa onim delom koji se prenosi preko turbinskog kola. U ovoj fazi snaga se grana u samom HDM, a spaja u zupčastom delu menjača. U drugoj fazi onemogućava se okretanje reaktorskog kola čime prestaje grananje snage i onda HDZM radi kao "čist" HDM. Kod hidrodinamičko-zupčastih menjača sa unutrašnjim grananjem snage sa sabirnim hidrodinamičkim menjačem, razdelna tačka se nalazi ispred HDM, dok kod hidrodinamičkozupčastih menjača sa unutrašnjim grananjem snage sa razdelnim hidrodinamičkim menjačem, razdelna tačka se nalazi iza HDM.

Spoljašnje grananje snage realizuje se primenom planetarnog seta za deobu snage, koji se može postaviti ispred ili iza HDM. Prilikom njegovog postavljanja ispred HDM vrši se raspodela obrtnog momenta sa konstantnim, a ugaone brzine sa promenljivim odnosom. Ukoliko je on postavljen iza HDM ova raspodela je suprotna. Analize su pokazale da je, pri postavljanju mehanizma ispred HDM, deo snage koji se prenosi preko HDM najmanji pri polasku i da raste sa porastom izlaznog broja obrtaja (tzv. razdelni planetarni set), dok je pri postavljanju mehanizma iza HDM ovaj deo snage najveći pri polascima, a smanjuje se porastom izlaznog broja obrtaja (tzv. sabirni planetarni set). Kod HDZM sa nepokretnim osama, uglavnom se koriste sledeća tri načina za promenu stepena prenosa: Sa kratkotrajnim prekidom toka snage; Sa kratkotrajnim istovremenim prenosom obrtnog momenta preko spojnice koje se uključuju, odnosno isključuju i kombinacijom prethodna dva načina, koja se postiže ugradnjom jednosmerne spojnice tako što se iz nižeg u viši stepen prenosa obavlja drugim, a promena iz višeg u niži stepen prenosa prvim načinom. Prvi način se zasniva na veoma kratkom vremenu promene, kada se vozilo kreće po inerciji. Pri velikim vrednostima otpora kretanju, može da dođe do zaustavljanja vozila. Zbog toga se ovaj način promene stepena prenosa danas skoro ne sreće kod motornih vozila. Teorijske analize procesa promene stepena prenosa pokazuju da se preklapanjem prenosa može da ostvari promena stepena prenosa pod opterećenjem uz relativno mali rad klizanja. Pri tome dolazi do preopterećenja delova transmisije zbog kratkotrajne pojave cirkulacije snage. Kod ovog načina promene stepena prenosa, odgovarajući zupčanik i gongjene lamele višelamelaste frikcione spojnice međusobno su spojeni preko jednosmerne spojnice. Ova spojница automatski ograničava vreme preklapanja u zavisnosti od vrednosti momenta otpora i eliminiše pojavu cirkulacije snage.

Pri promeni iz višeg u niži stepen prenosa, dolazi do kratkotrajnog prekida u prenosu snage. Dužina ovog prekida se automatski reguliše. Kada ugaona brzina izlaznog vratila padne na vrednost odgovarajućeg prenosnog odnosa, počinje prenos snage preko spojnice. Najveći broj rešenja HDZM realizuje se kao kombinacija HDM i zupčastog menjača sa pokretnim osama vratila. Planetarni menjači odlikuju se manjim gabaritima, raspodelom opterećenja na više zupčanika i manjom bučnošću. Umanjenjem dijapazona zupčastog dela HDZM znatno se smanjuje njegova masa. Za dijapazon rada zupčastog dela HDZM, za motorna vozila srednje prohodnosti, preporučuje se vrednost 5,5-8,5. Za odnos prvog i drugog stepena prenosa HDZM preporučuje se vrednost 1,8-2,2, a za ostale stepene prenosa 2-6 i prenosni odnos prvog stepena prenosa 3-5,5 [3].

HDZM može biti poluautomatski ili automatski, pri tome HDM ima svojstvo samoregulisanja brzine u funkciji spoljašnjeg opterećenja, a mehanički deo-ZM može imati ručnu ili automatsku regulaciju brzine. U prvom slučaju radi se o poluautomatskom HDZM, jer se njegov ukupan dijapazon radnih brzina sastoji od dva ili više dijapazona kontinualno promenljivih brzina, a u drugom slučaju o potpuno automatskom HDZM koji u celom domenu radnih režima kontinualno variraju brzinu

prilagođavajući je uslovima opterećenja vozila. Automatski HDZM prihvatljivi su za uslove eksplotacije motornih vozila. HDZM, sa prekidom toka snage, sadrže ZM sa nepokretnim osama vratila kod kojih se promena stepena prenosa vrši pomerljivim zupčanicima ili zupčastim, odnosno sinhro-spojnicama. U ovom slučaju, ispred HDZM mora da se ugradi tzv. glavna spojnica kojom se odvaja motor od HDZM za vreme promene stepena prenosa. Tada je vrlo teško automatizovati promenu stepena prenosa pa se najčešće izvodi sa ručnim upravljanjem, odnosno poluautomatski. Ovakvi HDZM sa danas redje koriste.

HDZM, bez prekida toka snage, sadrže ZM sa pokretnim (planetarni) ili sa nepokretnim osama vratila. Promena stepena prenosa vrši se pomoću frikcionih lamelastih spojnica i kočnica, koje se upravljaju hidrauličkim putem. Ovi menjači čine jedan od osnovnih pravaca razvoja za motorna vozila.

Razvoj sistema upravljanja promene stepena prenosa, u zupčastom delu HDZM, prešao je put od hidromehaničkih upravljačkih sistema, preko elektrohidrauličkih upravljačkih sistema (pasivno upravljanje, poluaktivno upravljanje i aktivno upravljanje) do potpuno elektronskog upravljanja sistemima (indirektno i direktno poluaktivno upravljanje i direktno aktivno upravljanje).

Pošto se motorno vozilo kreće pri promenljivim otporima puta, upravljanje automatskim transmisijama, primenom elektronike, je posebno problematično, prvenstveno zbog ciklične promene stepena prenosa. Iz tog razloga razvijena je Fuzzy logika za procenu otpora kretanja. Ova tehnika eliminiše cikličnost promene stepena prenosa, na osnovu zaključivanja o namerama vozača. Ova tehnika je postala nerazdvojivi deo nove karakteristike upravljanja automatskom transmisijom motornih vozila. Koncept fuzzy upravljanja zasnovan je na heurističkom razmišljanju intuitivnog čoveka koji se služi kvantitativnim jezičkim izrazima. Za predstavljanje takvih izraza formirana je nematematička teorija fuzzy skupova. Upravljanje automatskim transmisijama, primenom elektronike, nije problematično, ako se vozilo koristi na ravnom putu, na nivou mora i pri normalnim opterećenjima motora. Problemi u upravljanju automatskih transmisija nastupaju pri korišćenju motornih vozila na usponu, u krivini i pri vožnji u koloni.

Automatizacijom promene stepena prenosa u zupčastom delu HDZM vozač je rasterećen od umnog i fizičkog rada neophodnog za izvršavanje ovih operacija. Time je vozaču omogućeno da svoju pažnju posveti ostalim operacijama potrebnim za prilagođavanje kretanja motornog vozila uslovima saobraćaja, što nesumnjivo povećava bezbednost saobraćaja na putevima. Sa druge strane, automatizacija promene stepena prenosa poboljšava dinamičke karakteristike vozila uz povećanje ekonomičnosti u potrošnji goriva.

Izbor stepena prenosa zavisi od većeg broja uticajnih parametara. Kao parametri, najčešće se koriste: vozilo (brzina i ubrzanje), motor (režim rada), vozač (početni uslovi) i otpor na poteznici. Automatski sistem koji bi za automatsko prilagođavanje prenosnog odnosa koristio sve uticajne parametre bio bi veoma složen. Zbog svoje složenosti takav sistem bi bio, pre svega veoma skup, a i manje pouzdan, zahtevao bi visoku stručnost za servisiranje i opravke. Zbog svega toga, takav sistem, za sada, još uvek nije prihvatljiv.

S obirom na broj uticajnih parametara, koji jednovremeno utiču na automatski izbor stepena prenosa, u zupčastom delu HDZM, razlikuju se jednoimpulsni, dvoimpulsni i troimpulsni automatski sistemi.

Na osnovu analize uspešno realizovanih rešenja, koja su pokazala zadovoljavajuće rezultate u uslovima realne eksplotacije motornih vozila, može se zaključiti sledeće: U želji da se poboljšaju eksplotaciono-tehničke karakteristike motornih vozila, prvenstveno komfor kod putničkih vozila i pouzdanost i produktivnost kod teretnih vozila i radnih mašina, nezaobilazna je i opravdana njihova primena.

Temeljna analiza širokog spektra mogućih rešenja HDZM, koji imaju iz dana u dan sve širu primenu u gradnji motornih vozila, može da ukaže na moguće puteve traženja optimalnog rešenja HDZM, za dato vozilo, date karakteristike pogonskog motora i date uslove eksplotacije motornog vozila. Opravданost primene HDZM, danas je neosporna.

ZAKLJUČCI

Povoljne karakteristike hidrodinamičkih prenosnika snage, potvrđene u eksplotaciji, omogućile su im vrlo široku primenu. Do danas je razvijeno i realizovano mnogo tipova ovih prenosnika snage. Projektovanju i konstrukciji novog hidrodinamičkog prenosnika snage treba pristupiti tek nakon sagledavanja svih prednosti i nedostataka postojećih rešenja, za sličnu ili istu namenu. Posebna pažnja u razvoju hidrodinamičkih prenosnika snage usmerena je na ostvarivanju onih karakteristika koje omogućuju dobijanje zadovoljavajućih eksplotaciono-tehničkih karakteristika tehničkih sistema u koje se ugrađuju (prvenstveno kroz optimizaciju radnog prostora, usaglašavanje zajedničkog rada pogonskog motora, hidrodinamičkih prenosnika snage i pogonjene mašine, iznalaženje optimalnog rešenja sistema upravljanja promene stepena prenosa u zupčastom delu hidrodinamičkozupčstih menjača). Zahtevi koje treba da zadovolji hidrodinamički prenosnik snage su najčešće suprotni te se često pribegava usvajaju nekih kompromisnih rešenja.

Pitanje primene hidrodinamičko-zupčstih menjača je posebno delikatno. Koje rešenje će biti primenjeno zavisi prvenstveno od namene pogonjene mašine. Postoji veliki broj mogućih rešenja hidrodinamičko-zupčstih menjača za ugradnju u odgovarajuću pogonjenu mašinu.

Samo pravilno izabran hidrodinamičko-zupčasti menjač, za određen pogonski motor i za pogonjeno motorno vozilo odredene namene, može dovesti do postizanja njegovih željenih karakteristika.

LITERATURA

- [1] B. Krstić (1984): Istraživanje mogućih rešenja i razvoj konstrukcije selektovanog rešenja automatskog turbozupčastog menjača za privredno vozilo snage 75 kW, magistarski rad, Mašinski fakultet, Kragujevac.
- [2] B. Krstić (1990): Teorijska i eksperimentalna istraživanja polja brzina i polja pritisaka u radnom prostoru turboprenosnika, disertacija, Mašinski fakultet, Kragujevac.
- [3] B. Krstić (2003): Hidrodinamički prenosnici snage u agregatima motornih vozila, monografija, Mašinski fakultet u Kragujevcu, Kragujevac, str 131.
- [4] B. Krstić (2008): Mogućnost sprezanja hidrodinamičkog prenosnika snage sa pogonskim motorom vozila i analiza stabilnosti njihovog rada, Poljoprivredna tehnika, Vol. 33, No 1, p.57-65.

- [5] B. Krstić (2010): The influence of the hydrodynamic, cinematic and geometric parameters on the characteristics at the hydrodynamic clutch for motor vehicles, International Congress Motor Vehicles&Motors, str. 406-411

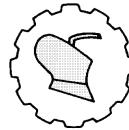
TRENDS IN MOTOR VEHICLES POWER TURBO-TRANSMISSION DESIGN

Božidar Krstić¹, Vojislav Krstić², Ivan Krstić³

¹*Faculty of Mechanical Engineering Kragujevac, ²Faculty of Transport and Traffic Engineering, Belgrade, ³Faculty of Technical Sciences K. Mitrovica*

Abstract: In this paper actual trends and solutions in motor vehicles turbo gear box has been discussed. The results of statistical analysis of complete world wide production of turbo gear box for motor vehicles has been also presented. they show the basic design parameters and the spread of characteristic conceptions and solutions in actual passenger cars turbo gear box production.

Key words: *turbo-transmission, motor vehicles*



UDK: 303.645

MEHATRONIČKI SISTEMI TRAKTORA U FUNKCIJI SAVREMENE POLJOPRIVREDNE PROIZVODNJE

Stojić B., Časnji F., Poznić A.

Fakultet tehničkih nauka Novi Sad

Sadržaj: U novije vreme došlo je do intenzivnih prodora u području tehnološkog razvoja poljoprivrednih traktora, što je dovelo do značajnih poboljšanja u svim aspektima njihove upotrebe. Dostignuti nivo razvoja u najvećoj meri omogućilo je uvođenje sistema elektronskog upravljanja i njihova široka primena na različitim sistemima traktora. Zahvaljujući ovim unapređenjima, traktor je od prvobitno relativno jednostavne i robusne mašine evoluirao u sofisticirani mobilni sistem visoke tehnologije sposoban za izvođenje potpuno novih funkcija i dostizanje znatno višeg nivoa sveukupnih rezultata rada. Ukratko se može navesti nekoliko najvažnijih primera, kao što su poboljšanje energetske efikasnosti, bolja zaštita zemljišta i okoline, povećanje produktivnosti i unapređenje kvaliteta agrotehničkih operacija, poboljšanje uslova rada rukovaoca itd. Nove tehnologije, čija primena je dovela do navedenih rezultata, pre svega su bazirane na mehatroničkim sistemima. U radu je, na osnovu istraživanja aktuelne literature, dat prikaz trenutnih dostignuća i pravaca istraživanja, i diskutovane mogućnosti daljeg razvoja. Zbog obimnosti tematike, rad je fokusiran prvenstveno na sam traktor kao mobilni sistem.

Ključne reči: *poljoprivredni traktor, mehatronika*

UVOD

Poljoprivreda je u novije vreme postala područje značajne primene visokih tehnologija. Došlo je do razvoja i primene inteligentnih sistema koji omogućavaju efikasnu proizvodnju doprinoseći u isto vreme unapređenju ekoloških i društvenih efekata. Načela razvoja traktora u skladu su sa principima savremene poljoprivredne proizvodnje koje odlikuje težnja za povećanjem količine, raznovrsnosti i kvaliteta proizvoda, uz što efikasnije korišćenje energetskih resursa i smanjenje svih vidova štetnih uticaja na okolinu. Uz stalno unapređivanje tehnoloških i eksplotacionih karakteristika poljoprivredne mehanizacije, mogućnostima za ostvarivanje zadatih ciljeva doprinosi i težnja ka daljem rasterećenju rukovaoca traktora i potpunoj automatizaciji radova. Savremene trendove u poljoprivredi takođe odlikuju postupci

obezbeđivanja kvaliteta i sledljivosti, što obuhvata i neophodnost kreiranja odgovarajuće dokumentacije propisane zakonskom regulativom. Takođe je velika važnost nadzora mašinskog parka, telemetrijskog servisa, kao i raspoznavanja grešaka kod kompleksnih mašina. Mogućnost za ispunjavanje svih ovih zahteva i praćenja razvojnih trendova kod savremenih traktora počiva pre svega na intenzivnom prođoru elektronskih komponenata u sve njihove segmente.

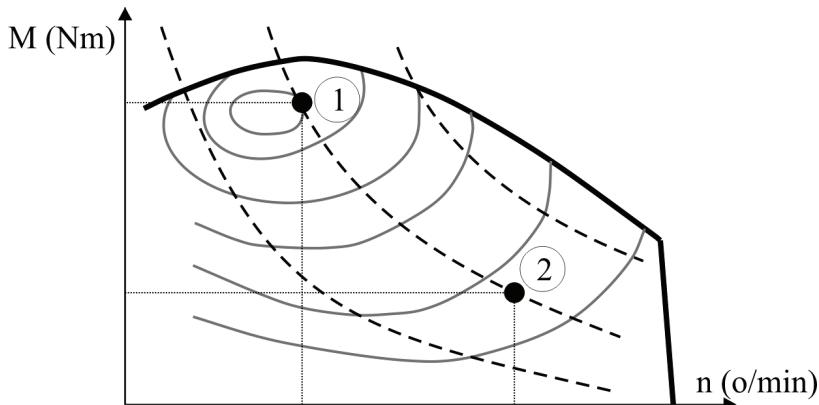
Uvođenje brojnih elektronskih mernih i upravljačkih sistema i njihova integracija sa postojećim mehaničkim i hidrauličkim komponentama, pri čemu način obrade i korišćenja podataka ima ključnu ulogu u ostvarivanju funkcije, čini da savremeni traktor u sebi obuhvata veći broj mehatroničkih sistema, od kojih su mnogi međusobno umreženi ili integrisani. Njihove funkcije mogu biti npr. upravljanje kretanjem traktora, upravljanje i nadzor nad izvođenjem agrotehničkih operacija, komunikacija sa okolinom itd. Iako su mnogi od ovih sistema međusobno povezani, a ponekad iz tehničko – konceptualnih razloga nije sasvim moguće jasno razgraničenje njihovih funkcija, ovaj rad je fokusiran pre svega na one sisteme koji ostvaruju funkciju traktora kao mobilne mašine odnosno vozila. Neophodnost ovakvog parcijalnog pristupa proističe iz opširnosti i raznovrsnosti tretirane problematike. Šire i sveobuhvatnije razmatranje primene elektronskih i mehatroničkih sistema savremenih poljoprivrednih traktora iziskivalo bi rad daleko šireg obima. Ovaj rad je napisan na osnovu istraživanja aktuelne literature koja pokriva posmatranu oblast.

UNAPREĐENJE POGONSKOG SISTEMA TRAKTORA

Optimizacija energetske efikasnosti pogonskih koncepcata vozila, uključujući mobilne radne mašine, već duže vreme je predmet intenzivnih istraživanja. Kao jedno od najperspektivnijih rešenja za poljoprivredne traktore nametnula se kontinualno-varijabilna transmisija za prenos snage od dizel motora do pogonskih točkova, između ostalog i stoga što se naročito ističe sa aspekta mogućnosti za realizaciju potencijala za optimizaciju parametara rada uz povećanje energetske efikasnosti. Pri tome je za ostvarivanje optimalnih efekata ključno elektronsko upravljanje motorom i transmisijom.

Integracija sistema upravljanja motorom i transmisijom otvara, uz odgovarajuću upravljačku strategiju, mogućnosti dalje optimizacije parametara radnog režima. Jedan mogući pristup u formiranju strategije koja omogućava optimizaciju potrošnje goriva, obezbeđujući istovremeno stabilnost radnog režima nezavisno od uslova eksploatacije, opisan je u radu [9]. Integrисано upravljanje motorom i transmisijom omogućava rad motora u području nižih brojeva obrtaja, uz povoljne vrednosti specifične efektivne potrošnje goriva, što odgovara radnoj tački 1, sl. 1. Nizak broj obrtaja, kao i veći obrtni moment koji motor pri tome odaje, istovremeno doprinose povećanju stepena korisnosti transmisije što dalje doprinosi značajnom sveukupnom poboljšanju energetske efikasnosti traktora. Upravljačka strategija koordiniranog delovanja sistema za napajanje motora i podešavanja prenosnog odnosa transmisije, na osnovu povratne informacije o tekućoj veličini radnog otpora, omogućava da se fluktuacije opterećenja kompenzuju regulacijom punjenja motora i prenosnog odnosa transmisije, dok je u fazama ustaljenih vrednosti otpora omogućen trajan rad u povoljnijem području na opisan način. Bez ovakvog upravljačkog sistema, motor traktora mora da radi na području visokih obrtaja

(tačka 2 na sl. 1) kako bi imao rezervu snage za savlađivanje špiceva opterećenja, što dovodi do povećanja potrošnje goriva, buke i habanja.



Sl. 1. Školjkasti dijagram traktorskog motora

S obzirom na ulogu i funkciju pogonskih sistema traktora, realno je očekivati njihov dalji tehnološki napredak, uključujući i primenu potpuno novih koncepta. Može se prognozirati da će kao jedan od pravaca razvoja biti obuhvaćen koncept sa upotrebom motora u točku [7]. Za realizaciju ovakvog sistema mogu se koristiti hidrostatički pogonski sistemi, ali se u budućem periodu može očekivati prodor električnih [1] i elektro-hibridnih [2] pogona u traktore što će omogućiti da se upotreba elektro-motora u točku proširi sa istraživačkih okvira na mašine u eksploataciji.

Pogon sa pojedinačnim motorom za svaki točak omogućava, u odnosu na centralizovani pogon, veći broj konstruktivnih i eksploracionih prednosti. U kontekstu poboljšanja eksploracionih karakteristika, značajno je navesti sledeće:

- između pojedinačnih pogonskih točkova ne postoji mehanička veza, što omogućava da se za svaki točak pojedinačno odredi optimalni obrtni moment, klizanje i broj obrtaja; na mekim podlogama ovo rezultira optimalnim iskorišćenjem adhezije i poboljšanjem vučnih performansi, smanjenjem potrošnje goriva, boljom zaštitom zemljišta i smanjenjem habanja pneumatika; na tvrdoj podlozi optimiraju se dinamičke performanse i poboljšava aktivna bezbednost vozila, što je od značaja kod savremenih traktora koji se kreću većim brzinama;
- individualna regulacija obrtnih momenata i brojeva obrtaja omogućava poboljšanje upravljivosti i manevarskih sposobnosti traktora.

Za praktičnu realizaciju navedenih prednosti neophodan je adekvatan sistem upravljanja i realizacija odgovarajuće upravljačke strategije. Potrebne vrednosti obrtnih momenata i brojeva obrtaja pojedinih motora određuju se na osnovu upravljačkih komandi vozača i informacija o dinamičkom stanju sistema [7], pri čemu se za komunikaciju između pojedinih upravljačkih, senzorskih i aktuatorских komponenata koristi CAN-bus magistrala.

MOGUĆNOSTI I STANJE RAZVOJA HODNOG I KOČNOG SISTEM TRAKTORA

Jedan od glavnih problema u eksploataciji poljoprivredne mehanizacije uopšte jeste štetno dejstvo normalnih i tangencijalnih sila kojim sistem za kretanje deluje na poljoprivredno zemljište, izazivajući tako njegovo sabijanje, čije prekomerno ispoljavanje ima poznate višestruke štetne efekte. Zaštita zemljišta sa ovog aspekta je već dugo tema brojnih istraživanja. Reč je o kompleksnoj problematici u okviru koje još uvek postoje nerešena pitanja i samim tim potencijal za dalje unapređenje stanja. Mogućnost značajnijeg napretka u ovoj oblasti leži u primeni mehatroničkih sistema za regulaciju parametara hodnog sistema traktora u funkciji parametara zemljišta vezanih za sabijanje. Ovakav razvoj vezan je pre svega za razvoj senzorske tehnike i način upotrebe prikupljenih informacija o ključnim parametrima. Kao jedan od mogućih pravaca sa potencijalom za optimiranje zaštite zemljišta može se posmatrati razvoj mernog sistema za utvrđivanje vlažnosti zemljišta [4] koja predstavlja jedan od ključnih parametara za sabijanje pri radu poljoprivredne mehanizacije. Zajedno sa informacijom o dubini prodiranja pneumatika u podlogu dobijenom putem laserskog senzora [13], koja pruža uvid u stanje opterećenja tla, ovi podaci se mogu koristiti za upravljanje sistemom za automatsku regulaciju pritiska u pneumaticima i njegovu optimizaciju sa aspekta zaštite zemljišta.

S obzirom na uticaj pritiska u pneumaticima na širok spektar eksploracionih karakteristika pneumatika i samog traktora [3], integracija sistema za automatsku regulaciju pritiska u upravljački sistem i senzoriku traktora može, osim zaštiti zemljišta, takođe doprineti:

- poboljšanju energetske efikasnosti i realizacije vučnih sila putem prilagođavanja vučnih karakteristika pneumatika aktuelnim parametrima poljoprivrednog zemljišta,
- poboljšanju komfora rukovaoca kroz uticaj na oscilatorne karakteristike,
- povećanju aktivne bezbednosti traktora u javnom saobraćaju kroz uticaj na dinamičke performanse pneumatika na tvrdoj podlozi,
- smanjenju mogućnosti oštećenja i smanjenju habanja pneumatika, itd.

U okviru sistema za kretanje sa guseničnim mehanizmom, potencijal za unapređenje postoji npr. u okviru optimizacije zakona raspodele vertikalnog opterećenja između gusenice i tla u funkciji svojstava zemljišta i režima rada. U radu [6] je predstavljen koncept guseničnog mehanizma sa aktivnom regulacijom oslanjanja točkova. Reč je o inovativnom konceptu mehaničke konfiguracije i hidrauličnog upravljanja potpomognutog upravljačkim sistemom koji obezbeđuje optimalno naleganje gusenice na tlo u režimu obrade zemljišta kao i poboljšane manevarske sposobnosti pri krivolinijskoj trajektoriji traktora.

Kočni sistem traktora je kod novijih generacija traktora, zbog povećanih brzina kretanja, doživeo značajne konstruktivne izmene. Ipak, uvođenje upravljačkih sistema kao što je npr. ABS u drumskim vozilima, u slučaju traktora je zasad u fazi istraživanja i izrade konceptnih rešenja. Koncept automatskog upravljanja kočnim sistemom kod traktora, međutim, nalazi primenu kao sistem asistencije vozaču pri polasku na uzbrdici, ali i pri vožnji nizbrdo kako bi se umanjila opasnost od destabilizacije vučnog voza (eng.

"jack-knifing", pojava naglog i nekontrolisanog povećavanja uzdužnog ugla između vučnog i priključnog vozila koja dovodi do gubitka upravljivosti a može izazvati i bočno prevrtanje). Ovakva mogućnost dolazi do izražaja kada rukovalac, bez angažovanja pedale kočnice, koji vučni voz isključivo dejstvom motora i transmisije. Opasnost od ove pojave naročito je izražena kod danas široko prihvaćenih pogonskih sistema sa kontinualno-variabilnom transmisijom, usled mogućnosti brzog i velikog porasta kočnog momenta motora i transmisije, što može dovesti do porasta klizanja točkova do mera u kojoj se gubi bočno prijanjanje [15]. Automatsko upravljanje kočnim sistemom, aktivirajući kočnice priključnog vozila, smanjuje mogućnost ovog nepovoljnog ishoda. Upravljačka jedinica mora da identificuje kinematičke i dinamičke parametre vučnog voza i komandi na osnovu čijih veličina se donosi odluka o aktiviranju sistema asistencije.

AUTOMATIZACIJA VOĐENJA TRAKTORA I UPRAVLJANJA RADNIM UREĐAJEM

Automatizacija vođenja traktora i izvođenja radnih operacija je područje gde je u novije vreme došlo do najintenzivnijeg upliva mehatronike i automatskog upravljanja, što je rezultiralo najintenzivnjim nivoom napretka u ovoj oblasti tehnologije traktora. Posmatrajući spregu traktora i priključnog uređaja, sistemi koji kompletno automatizuju rad u polju su današnje stanje tehnike, a na tržištu su prisutni i sistemi sa mogućnošću naknadne nadogradnje na traktore ranijih generacija, npr. u slučaju automatskog vođenja traktora. Ovakvo stanje omogućeno je širokom primenom sistema automatskog upravljanja na različitim sistemima traktora, njihovim umrežavanjem, upotreboom različitih navigacionih sistema, kao i razvojem softverskih rešenja koja omogućavaju implementaciju tehnologija za eksplotaciju tehničkih potencijala. Za slučaj kada traktor radi u području slabog prijema satelitskih signala, ili, naročito, kada je potrebno vođenje traktora u skladu sa biljnom konfiguracijom (kao što je slučaj u voćarstvu), za navigaciju se mogu koristiti laserski i ultrazvučni senzori koji detektuju položaj listova odnosno stabla biljke [11]. Dalje unapređenje ovog koncepta treba da omogući mehanički tretman u suzbijanju korovskih biljaka.

U razvoju sistema za automatizaciju rada sa traktorom neophodno je obezbediti da oni budu korisnički orientisani, da bi korisniku bilo lako dostupno korišćenje svih njihovih potencijala, kao i da bi se izbegao otpor korisnika eventualnoj potrebi za složenim do-obučavanjem radi upotrebe sistema.

Rad traktora u polju karakterišu postupci koji se periodično ponavljaju, kao što je na primer slučaj pri okretanju traktora na kraju njive pri oranju – podizanje, okretanje i spuštanje pluga, isključivanje i uključivanje kardanskog vratila, pogona na sva 4 točka i blokade diferencijala, upravljanje motorom i transmisijom radi prilagođavanja brzine kretanja itd. U funkciji rasterećenja rukovaoca i posledičnog podizanja produktivnosti i kvaliteta rada, elektronski upravljački sistem savremenih traktora poseduje mogućnost programiranja i automatskog izvršavanja ovakvih postupaka. Umrežavanje motora, transmisije i radne hidraulike i zajedničko upravljanje ovim sistemima omogućava njihovo potpuno automatsko izvršavanje na osnovu programiranog upravljačkog algoritma kog izvršava centralna upravljačka jedinica. Pored ovih postupaka, obrada podataka dobijenih od navigacionog sistema omogućava i automatsko okretanje traktora

na kraju parcele. Korišćenje preciznih podataka navigacionog sistema je takođe osnova za automatsko vođenje traktora po zadatom tragu, što se odlikuje višestrukim prednostima kao što su automatsko precizno postavljanje traktora sa agregatom u položaj za sledeći prolaz, smanjenje preklapanja, rasterećenje rukovaoca, smanjenje potrebe za obukom i redukcija mogućnosti ljudske greške itd. [16]. Rezultat je ušteda goriva i ostalih radnih sredstava, kao i povećanje produktivnosti i podizanje kvaliteta rada.

SISTEM OSLANJANJA I VIBROIZOLACIJA

Iako je kod savremenih traktora izražena tendencija za širom primenom sistema elastičnog oslanjanja točkova, u oblasti zaštite rukovaoca od štetnog dejstva vibracija (propisane evropskom direktivom 2002/44/EEC) prevashodna pažnja se poklanja sistemima oslanjanja kabine i sedišta. U tom kontekstu, značajnu ulogu ima razvoj poluaktivnih i aktivnih sistema oslanjanja. Kod poluaktivnih sistema vrši se upravljanje prigušenjem, što se obično realizuje električnim upravljanjem prigušnim ventilima i promenom protočnog preseka, odnosno magnetnim poljem primenom magnetoreoloških hidrauličnih tečnosti. Aktivni sistemi podrazumevaju primenu aktuatora koji intenzitet sile ili veličinu pomeranja u toku vremena neprekidno prilagođavaju zadatku poništavanja odnosno redukcije oscilacija oslojenjene objekta. Ova podela se može ilustrovati diferencijalnom jednačinom oscilatornog sistema (1) i tabelom 1, prema [10]:

$$m \cdot \ddot{x} + k \cdot \dot{x} + c \cdot x = F(t) + F_{AKT} \quad (1)$$

gde je: x – pomeranje, m – masa oscilujućeg objekta, k – koeficijent prigušenja, c – krutost opružnog elementa, $F(t)$ – spoljna sila koja sistem pobuđuje na oscilovanje, i F_{AKT} – sila aktuatora.

Tab. 1. Vid oscilatornog sistema u zavisnosti od parametara jednačine (1)

Pasivno oslojen sistem	k i c nepodesivi, $F_{AKT} = 0$
Poluaktivno oslojen sistem	k i/ili c podesivi, $F_{AKT} = 0$
Aktivno oslojen sistem	k i/ili c podesivi, $F_{AKT} \neq 0$

U istom radu prikazan je i koncept aktivno oslojenog sedišta sa pneumatskim aktuatorom. Sistem je projektovan tako da koristi što manje energije za rad, što je važna osobina koja doprinosi mogućnosti primene aktivnog oslanjanja [14]. Takođe, ovo omogućava sistemu da se napaja sopstvenom energijom, što omogućava naknadnu ugradnju u proizvoljni model traktora. Za određivanje oscilatornog stanja sedišta koriste se davači položaja i ubrzanja. Krutost sistema se podešava pomoću elektro-pneumatskog ventila za regulaciju zapremine vazduha u aktivnom delu pneumatskog sistema putem kog je ovaj spregnut sa dodatnom zapreminom. Pri definisanju upravljačkog algoritma uzeto je u obzir da je frekventni spektar pobudnih dejstava kontinualan, što usložnjava ovaj zadatak.

OSTALI SISTEMI

Pored mehatroničkih sistema traktora kao motornog vozila, kojima se ovaj rad prevashodno bavi, ukratko treba pomenuti i ostale mehatroničke sisteme vezane za traktore i njihovu primenu uopšte, od kojih su neki ukratko pomenuti u okviru uvoda.

Jedna od ključnih uloga u ostvarivanju funkcija mehatroničkih sistema svakako pripada različitim sistemima za komunikaciju i prenos podataka. Savremeni traktori raspolažu CAN-bus magistralom za digitalni prenos podataka između različitih komponenata elektronskog sistema, što omogućava umrežavanje upravljačkih jedinica i generalni menadžment traktora. Komunikacija traktora i priključnog uređaja putem CAN-bus sistema, preko ISO-bus priključka, daje mogućnost automatizacije i optimizacije upravljanja traktorom sa aspekta poboljšanja radnog procesa na osnovu signala sa radnog uređaja [5].

U okviru bežičnog prenosa podataka na daljinu, od značaja je pomenuti teleservis. Njegova uloga je prenos podataka o dijagnostičkim parametrima mašine do udaljenog računara pomoću kog se sprovode postupci održavanja po stanju, kako bi isti mogli biti sprovedeni pravovremeno i na optimalan način i time bilo predupređeno nastajanje stanja otkaza koja, posebno u slučaju specijalizovane visokokapacitetne mehanizacije, mogu imati veoma kompleksne i skupe posledice [8]. Osnova za to predstavlja automatizovano prikupljanje i prenos relevantnih podataka vezanih za samu mašinu i njen radni proces. Da bi se pravovremeno identifikovala stanja koja zahtevaju intervenciju, potreban je inteligentan sistem analize i vrednovanja podataka. U procesu prenosa podataka u funkciji teleservisa do izražaja dolazi tehničko korišćenje internet – servisa [12]. Dalje, sistem za prikupljanje podataka o radu traktora i priključnog oruđa takođe se koristi za prikaz stanja rukovaocu kako bi imao uvid u radne parametre, kao i za formiranje dokumentacije o radnom postupku.

Uloga mehatronike u hidrauličkom sistemu traktora je takođe izuzetno značajna, s obzirom na važnost i raznovrsnost funkcija za koje se on koristi. Široka automatizacija postupaka, o kojoj je bilo reči, ne može se realizovati bez aktivne uloge hidrauličkog sistema traktora.

ZAKLJUČAK

U radu je, na osnovu istraživanja aktuelne literature, prikazano stanje i očekivani budući trendovi razvoja u primeni mehatroničkih sistema na poljoprivrednim traktorima. Pri tome je, zbog opširnosti i raznovrsnosti ovakve teme, u okviru ovog rada pažnja posvećena pre svega onim sistemima koji traktor čine mobilnom mašinom odnosno vozilom. Stoga je izostao prikaz ostalih sistema koji se pre svega odnose na vršenje samih agrotehničkih operacija, postupke održavanja itd. Iz istog razloga nije dat detaljniji funkcionalni i konstrukcioni opisi sistema o kojima je bilo reči.

Na osnovu navedenog može se doneti zaključak o visokom nivou tehnološkog napretka kod poljoprivrednih traktora zahvaljujući primeni mehatroničkih sistema, što je opšti trend u celokupnoj savremenoj poljoprivredi kao i mnogim drugim područjima ljudske delatnosti. Optimalna integracija elektronskih, hidrauličnih i mehaničkih komponenata omogućava egzaktnije upravljanje procesima, što je osnova za prednosti

koje se ovim putem mogu realizovati, a koje se ogledaju u uštedi proizvodnih sredstava, smanjenju troškova, poboljšavanju produktivnosti, kvaliteta, i uslova rada, većoj zaštiti okoline itd.

Kao osnovne karakteristike trendova budućeg razvoja može se predvideti pre svega dalji razvoj senzoričke i inteligentnih sistema za prikupljanje podataka, kao što je obrada slike, akvizicija podataka o elektroprovodljivosti ili vlažnosti zemljišta i njihova upotreba za on-line identifikaciju vitalnih parametara, identifikacija karakteristika samih biljaka i plodova itd. Ovakav razvoj je u funkciji precizne poljoprivrede, s obzirom na mogućnost prilagođavanja procesa rada lokalnim specifičnostima, korišćenja prikupljenih podataka u funkciji dokumentovanja sprovođenja postupaka obezbeđivanja kvaliteta itd.

Takođe trendovi ukazuju na težnje u pravcu dalje automatizacije rada, smanjenje uloge rukovaoca, sve do izraženih tendencija za uvođenjem autonomnih robotizovanih vozila u poljoprivrednu proizvodnju. Predmet razvoja su i sistemi daljinskog prenosa podataka i njihovo uključivanje u automatizovane ekspertske sisteme radi optimizacije održavanja i logistike, gde se takođe ogleda težnja za smanjenjem uloge ljudskog operatera.

LITERATURA

- [1] Aumer W., Lindner M., Geißler M., Herlitzius T.: Elektrischer Traktor: Vision oder Zukunft?, Landtechnik 1/2008, s.14–15
- [2] Časnji F., Stojić B.: Razvoj hibridnih elektro–dizel traktora, Traktori i pogonske mašine 13(2008)4, str. 43–48
- [3] Časnji F., Torović T., Muzikravić V.: Energetska efikasnost traktora, Monografija, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, 2009.
- [4] Drücker H., Zeng Q., Sun Z., Roller O., Schulze Lammers P., Hartung E.: Bodenbearbeitung mit sensorischer Erfassung der oberflächennahen Bodenfeuchtigkeit, Landtechnik 4/2009, s.272–275
- [5] Freimann R.: Gerät steuert Traktor , Landtechnik 3/2003, s.166–167
- [6] Geischeder R., Rainer J., Haller C.: Aktiv gefedertes Gummigurtbandlaufwerk mit automatischer Auflagekraftoptimierung, Landtechnik 3/2010, s.170–173
- [7] Geissler M.: Entwicklung, Implementierung und Verifizierung der Steuerung und Regelung für einen elektrischen Einzelradantrieb, diplomski rad, TU Dresden, 2010.
- [8] Göres T., Harms H.–H.: Datenmanagementsystem für den Teleservice bei mobilen Arbeitsmaschinen, Landtechnik 5/2007, s.328–329
- [9] Harms H.–H.: Potenziale integrierter Motor– und Getriebesteuerungen, Landtechnik 3/2010, s.164–166
- [10] Himmelhuber F.: Die aktiv geregelte Luftfederung für den Traktorsitz – Ein Mikroprozessor steuert die Kennlinienanpassung in Fahrersitzen, Landtechnik 3/2006, s.132–133
- [11] Holpp M.: Automatisches Lenksystem für Traktoren im Obstbau, Landtechnik 3/2008, s.148–149
- [12] Scheufler B.: Intelligente Technologien im Landmaschinenbau, Landtechnik 6/2001, s.396–397

- [13] Sommer C., Lebert M., Jaklinski L., Jasinski B.: Bodenschadverdichtung – Strategien und Techniken zum physikalischen Bodenschutz, Landtechnik 2/2003., s.94–95
- [14] Stojić B., Časnji F., Poznanović N.: „Potencijali mehatroničkih sistema oslanjanja za poboljšanje efekata rada poljoprivrednih traktora“, Traktori i pogonske mašine 14(2009)2/3, str. 29-36
- [15] Wiegandt M., Harms H.-H.: Traktoren automatisch bremsen, Landtechnik 4/2003, s. 248–249
- [16] www.deere.com, septembar 2010.

TRACTOR MECHATRONIC SYSTEMS IN SERVICE OF A CONTEMPORARY AGRICULTURAL PRODUCTION

Stojić B., Časnji F., Poznić A.

Faculty of Technical Sciences, Novi Sad

Abstract: In past few decades significant changes happened in the field of technological development of agricultural tractors, leading to great improvements in different aspects of their operation. This is enabled, above all, by introducing of electronic control systems and their wide application in different systems of the tractor. Due to these changes, agricultural tractor has evolved from rough and robust heavy duty machine to high-tech system capable of executing fully new functions and achieving much higher level of overall working results. A several main examples can be named, such as greater energy efficiency, lower emission, greater quality of agro-technical operations, better soil protection and enhanced working conditions for human operator. New technologies, whose application has led to achieved results, are mostly based on mechatronic systems. This paper will give a basic overview of current achievements and discuss possibilities for future development, mainly focused on the tractor as mobile machine i.e. vehicle.

Key words: agricultural tractor, mechatronics



UDK: 631.372:669-8

PROBLEMI UPRAVLJANJA VOZILIMA

Rajko Radonjić

Mašinski fakultet - Kragujevac

Sadržaj: U ovom radu su istaknuti problemi upravljanja vozilima sa aspekta sleđenja željenih putanja. Prikazani su neki primeri starih seoskih vozila i modernih poljoprivrednih vozila. Razmotreni su i diskutovani različiti koncepti sistema za upravljanje vozila. Razvijen je odgovarajući fizički i matematički model za proučavanje karakteristika sistema za upravljanje. Prikazani su i analizirani ilustrativni primeri rezultata proračuna.

Ključne reči: vozilo, sistem, upravljački točkovi, model, proračun.

UVOD

Problemi upravljanja vozilima u smislu promene pravca kretanja, saglasno željenoj putanji, datiraju od početka primene prvih vozila sa manuelnom vučom. Ova vozila, najčešće izvedena kao platforma ili sanduk sa rudom i dva točka, čovek je koristio u početku, za olakšanje napornih poslova vezanih za prenošenje teških tereta, [1]. Kako su potrebe za prevoznim sredstvima postajale sve veće, njihova izvedba je sve složenija i masivnija, manuelnu vuču zamjenjuju zaprege, srednje brzine kretanja su povećane, načinu upravljanja vozilima se posvećuje značajna pažnja. Navedeni faktori su doprineli razvoju različitih principa na kojima su bazirane praktične izvedbe sistema za upravljanje vozilima, zavisno od namene vozila i korišćenog principa vuče, odnosno pogona, kako je to prikazano na sl. 1 i 2.

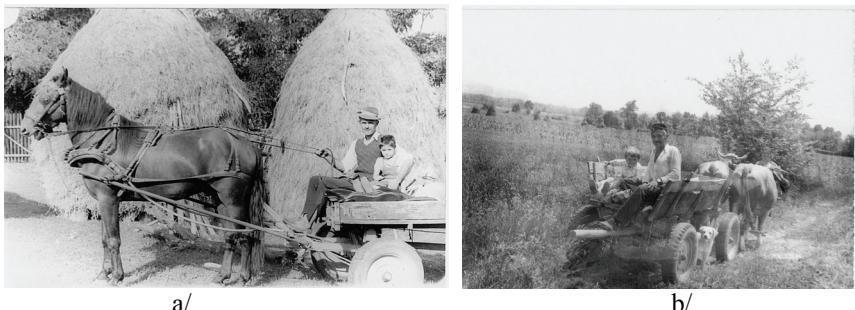
Prelomni trenutak u razvoju sistema za upravljanje vozila vezan je za pojavu prvih motornih vozila, koja su praktično predstavljala spregu vozila koje je pre toga vukla zaprega i pogonskog motora. No, sistem za upravljanje u ovom slučaju morao je da bude, među prvim agregatima koji su modifikovani, [2], [3]. U ovom smislu, faze razvoja, korišćeni principi i neki uvek aktuelni problemi upravljanja vozila, razmotreni su u narednim poglavljima.

ISTORIJSKI RAZVOJ SISTEMA ZA UPRAVLJANJE VOZILA

Na sl. 3, prikazani su neki osnovni principi korišćeni pri projektovanju i izvedbi sistema za upravljanje vozila. Šema na sl. 3a, prikazuje jedno-osovinsko vučeno vozilo, sa jednom (puna linija), odnosno dve (isprekidana linija), rude, r. Ovo vozilo ne poseduje uređaj za upravljanje, a vuča vozila i promena pravca kretanja, ostvaruju se dejstvom sile vuče, F_v , na kraju rude, u tački, V. Upravljanje dvo-osovinskim vučenim vozilima može se ostvariti, posredstvom rude r, na jedan od načina prikazanih na slikama, 3 b, c, d. Dakle, zaokretanjem prednjih točkova za isti ugao, zajedno sa prednjom pripadajućom osovinom, oko tačke O, sl. 3b. Zatim zaokretanjem prednjeg dela vozila u odnosu na zadnji posredstvom rude, r i zglobo, Z, sl. 3c. I na kraju, zaokretanjem prednjih točkova oko rukavaca, 1 i 2, posredstvom rude, r i mehanizma, M, sl. 3d. Odnos uglova zaokretanja levog i desnog točka, u ovom slučaju, definisan je geometrijskim, kinematskim i dinamičkim karakteristikama, primjenjenog mehanizma, M.

Primer na sl. 3e, prikazuje osnovni koncept upravljanja dvo-osovinskim vučnim vozilom, sa prednjim upravljačkim i zadnjim pogonskim točkovima. Posredstvom točka upravljača, volana, i sistema za upravljanje, zaokreću se upravljački točkovi za neophodne uglove saglasno uslovima i režimima kretanja. Vučno, motorno vozilo može biti korišćeno pojedinačno ili u sprezi sa priključnim vozilima i radnim uređajima. U toj ulozi najčešće se sreću putnički automobili sa lakin prikolicama, teretni automobili sa prikolicama, polu-prikolicama, poljoprivredni traktori sa dužom specifikacijom mogućih radnih i transportnih priključaka, [5], [6].

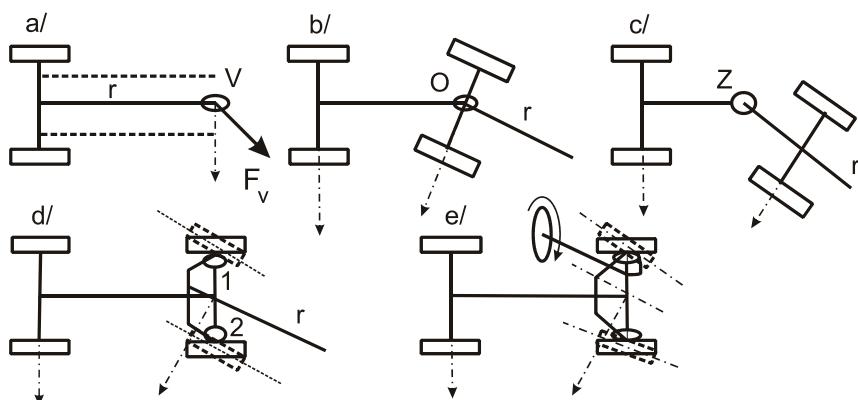
U svim gore navedenim slučajevima pojedinačnih i kombinovanih, spregnutih vozila, njihova funkcija upravljanja ispoljava bitan uticaj na pokazatelje efikasnosti rada i bezbednosti korišćenja. Zbog tih razloga se značajna pažnja poklanja problemima upravljanja, kako pri razvoju novih vozila i sistema, tako i pri njihovom korišćenju, sprezanju i održavanju. Na jednom opštem modelu dvo-osovinskog vučnog vozila, sa konvencionalnim sistemom za upravljanje, prikazanom u narednom poglavlju, istaknuti su aktuelni problemi u predmetnom domenu i segment istraživanja obuhvaćen ovim radom.



Sl. 1. Izvedbe zaprežnih vozila, a/ jedno zaprežno grlo – konj, b/ dva zaprežna grla - krave.



Sl . 2. Konfiguracije poljoprivrednog traktora, a/ radna, b/ transportna.

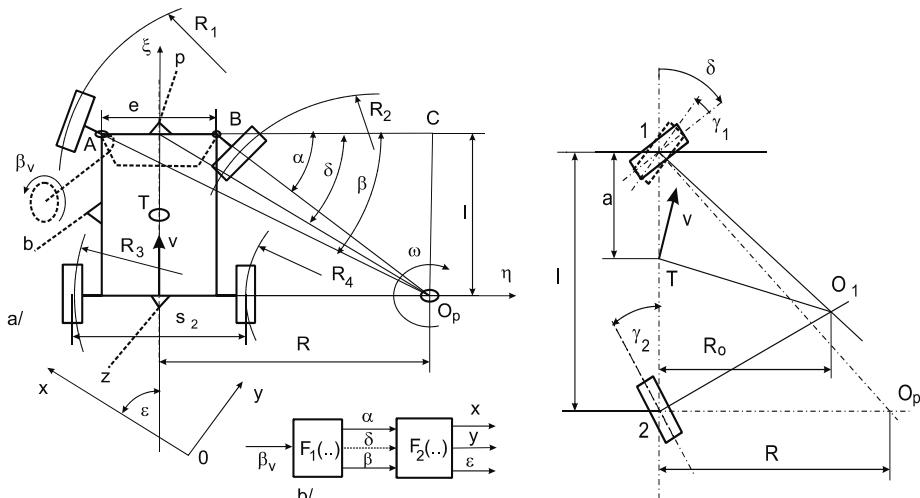


Sl . 3. Principi sistema upravljanja vozila

MODEL ZA SIMULACIONA ISTRAŽIVANJA

Fizički model dvo-osovinskog vučnog vozila, kao razrada principa upravljanja sa sl. 3e, prikazan je na sl. 4. Primarna funkcija upravljanja se ostvaruje posredstvom točka upravljača, zatim upravljačkog mehanizma i upravljačkih točkova. Na modelu su takođe, prikazani mogući priključci za vučena vozila i radne uređaje: p – prednji, z – zadnji, b – bočni, [2]. U ovim slučajevima, upravljanje priključnim vozilima i uređajima je u direktnoj ili indirektnoj vezi sa upravljanjem vučnim, pogonskim vozilom.

Uz pomoć modela na sl. 4, i odgovarajućeg matematičkog opisa treba analizirati odnose uglova zaokretanja prednjih upravljačkih točkova vučnog vozila sa aspektom postavljenih zahteva i faktora koji ispoljavaju uticaj na te odnose, [7]. Blok $F_1(\dots)$, na sl. 4b, simbolično prikazuje prenosnu karakteristiku sistema za upravljanje, sa jednim ulazom – ugao zaokretanja točka upravljača, β_v , i dva izlaza – već pomenuti, uglovi zaokretanja upravljačkih točkova, β , α .



Sl. 4. Modeli sistema upravljanja vozila, a/ dva traga, c/ jedan trag, b/ podsistemi

Na istom prikazu je označen i ugao, δ , formiran određenom kombinacijom uglova, α , i β , a u smislu srušenja sistema $F_1(\dots)$, na sistem sa jednim ulazom – jednim izlazom, $\beta_v - \delta$, kao i srušenje modela vozila sa dva traga, sl. 4a, na ekvivalentni model sa jednim tragom, sl. 4c. Polazeći od osnovnog kinematskog zahteva, zaokretanja vozila oko trenutnog pola O_p , na sl. 4a, ugaonom brzinom, $\omega = d\epsilon/dt$, mogu se uspostaviti sledeće zavisnosti između uglova, β , α i uticajnih parametara:

$$ctg\alpha = BC/CO, \quad ctg\beta = AC/CO, \quad ctg\beta - ctg\alpha = e/l, \quad (1)$$

$$tg\beta = [(R - e/2)/(R + e/2)]tg\alpha = ltg\alpha/(l + etg\alpha) \quad (2)$$

$$tg\beta = l/(R + e/2), \quad tg\alpha = l/(R - e/2), \quad tg\delta = l/R \quad (3)$$

$$R = [l - (e/2)tg\beta] / tg\beta = [l + (e/2)tg\alpha] / tg\alpha = l/tg\delta \quad (4)$$

$$R_1 = (l/\sin\beta) + (s_1 - e)/2, \quad R_2 = (l/\sin\alpha) - (s_1 - e)/2 \quad (5)$$

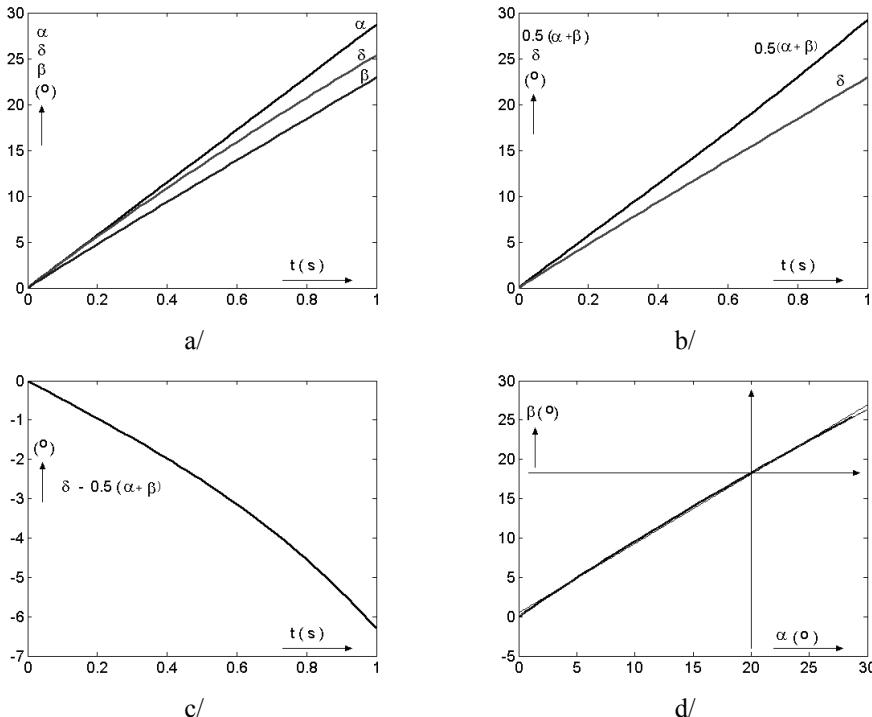
$$R_3 = R + s_2/2, \quad R_4 = R - s_2/2$$

$$v_i = R_i \omega, \quad i = 1, 2, 3, 4 \quad (6)$$

Oznake u izrazima, (1) do (6), su date na sl. 4. Pri tome treba istaći grupu uticajnih parametara koji su konstantni za posmatranu varijantu vozila, kao što su: l – međuosno rastojanje, e – razmak rukavaca upravljačkih točkova, $s_1 = R_1 - R_2$ – trag prednjih točkova, s_2 – trag zadnjih točkova. U grupu promenljivih parametara spadaju: R – poluprečnik zaokretanja vozila, R_i , $i = 1, 2, 3, 4$, - poluprečnici putanja točkova vozila, $v_i = R_i \omega$ odgovarajuće obimne brzine. Po drugom kriterijumu, svi gore navedeni uticajni parametri mogu se svrstati u grupu, kinematski, kao što su, v_i – obimne brzine, ω – ugaona brzina i u grupu, geometrijski – svi ostali, gore navedeni.

REZULTATI

Prema matematičkom modelu, (1) – (6), posmatranog vozila, urađeni su programi za kompjuterske proračune relevantnih pokazatelja sistema upravljanja vozila. Rezultati proračuna za konkretnе polazne podatke, prikazani su na sl. 5 i 6.

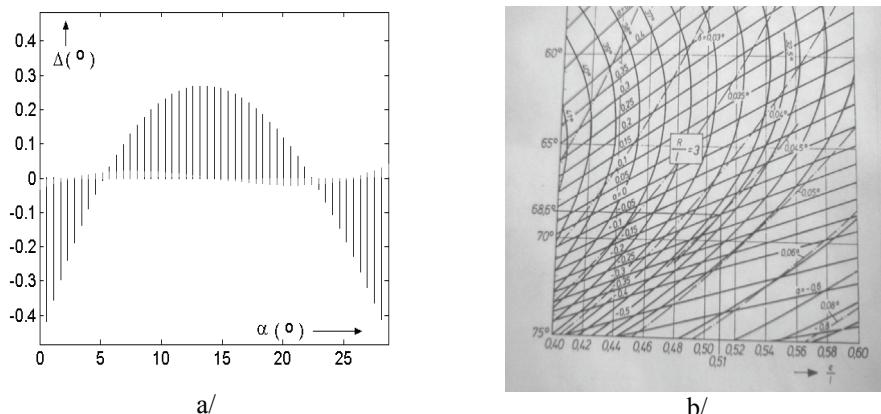


Sl .5. Rezultati proračuna odnosa uglova zaokretanja upravljačkih točkova.

Na sl. 5a, prikazani su rezultati proračuna uglova zaokretanja upravljačkih točkova vozila, α , β i ekvivalentnog ugla, δ , za gore postavljen kinematski uslov zaokretanja vozila. Ovi uglovi se međusobno razlikuju u posmatranom radnom domenu. Rezultati proračuna dati na sl. 5 b, c, ukazuju na grešku koja se pravi kada se ekvivalentni ugao zaokretanja upravljačkih točkova, usvoji, kao njihova aritmetička sredina, $\delta=0.5(\alpha+\beta)$. Razlika, između ova dva ugla je evidentna i kvalitativno, sl. 5 b i kvantitativno, sl. 5 c.

Od značaja je poznavanje direktnе zavisnosti između uglova zaokretanja upravljačkih točkova. Ilustrativni primer proračuna ovih odnosa pokazan je na sl. 5 d, za konkretnе konstruktivne parametre, $l=3.5m$, $e=1.2m$, [5]. Na osnovu ovog prikaza i detaljnijeg prikaza na sl. 6a, crveni i plavi domen, identifikovana je nelinearna zavisnost posmatranih uglova. Ovo potvrđuju pokazatelji aproksimacije zavisnosti $\beta=\beta(\alpha)$, na sl. 5. d, iskazani funkcionalno i statistički na sledeći način: linearna - $\beta= 0.88\alpha + 0.48$, $\Delta\beta=1.7183$, crveno ; polinom drugog stepena - $\beta=-0.0036\alpha^2 + 0.98\alpha + 0.0033$, $\Delta\beta=0.123$; polinom trećeg stepena - $\beta=\beta(\alpha^3,\alpha^2,\alpha\dots)$, $\Delta\beta=0.001689$, plavo .

Korišćeni postupak proračuna omogućio je formiranje kompleksnih grafičkih prikaza uticajnih faktora na karakteristike sistema za upravljanje vozila. Jedan segment iz baze grafika prikazan je na sl. 6 b.



Sl .6. Karakteristike sistema za upravljanje vozila, a/ identifikovani nelinearni odnosi, b/ grafički prikaz karakterističnih zavisnosti trapeza upravljanja.

ZAKLJUČAK

Problemi upravljanja vozilima različitih kategorija i namene datiraju od početka njihove upotrebe a ostali su aktuelni do današnjih dana. U proteklom vremenu razvijeni su brojni koncepti na kojima je bazirana praktična realizacija sistema za upravljanje kako pojedinačnih tako i spregnutih vozila. Procedura analize sistema polazi od postavljenih zahteva upravljanja vozilom, u smislu definisanja neophodnih geometrijskih i kinematskih odnosa, vodeći računa o dejstvu brojnih faktora u različitim uslovima korišćenja vozila. Predložena procedura analize i formirani program proračuna karakteristika sistema za upravljanje vozila, prikazani u ovom radu, mogu doprineti rešavanju navedenih problema.

LITERATURA

- [1] Zvorkin A. i ost. : Istorija tehniki. Moskava, 1962.
- [2] Barskij I.: Dinamika traktora. Mašinostroenie, 1973.
- [3] Richey B.: Automatic pilot for farm tractors. Agricultural Engineering, 40 (2), 78-79, 1959.
- [4] Noboru F. et al. : Vehicle automation system based on multi-sensor integration. ASDE Paper 983111.
- [5] CLAAS, FENDT, prospektni materijal, 2009, 2010.
- [6] Wong J.: Theory of ground vehicles. John Wiley & Sons, Newyork, 1995.
- [7] Radonjić R., Radonjić D.: Projektovanje sistema za upravljanje traktora s obzirom na upravljačko dejstvo vozača. Traktori i pogonske mašine, br.4, Novi Sad, 1998.

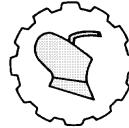
THE PROBLEMS OF VEHICLE STEERING

Rajko Radonjić

Mechanical Faculty - Kragujevac

Abstract: In this paper the problems of the vehicle steering control with respect to following of desired path are pointed out. Some example of past rural vehicle and modern agricultural vehicle are presented. Different concept of vehicle steering system are considered and discussed. An appropriate physical-mathematical model to study of vehicle steering system properties was developed. Illustrative examples of calculation results are presented and analyzed.

Key words: *vehicle, system, steering wheels, model, calculation*



UDK: 631.614

POBOLJŠANJE MIKROKLIME U KABINI POLJOPRIVREDNIH MAŠINA PRIMENOM LOKALIZOVANE DISTRIBUCIJE VAZDUHA

Dragan Ružić, Ferenc Časnji

Fakultet tehničkih nauka - Novi Sad

Sadržaj: Samohodna poljoprivredna mehanizacija se na našim prostorima najvećim delom eksploratiše u tzv. toploj delu godine. U tim uslovima, zbog sunčevog zračenja i drugih izvora toplove, kabina rukovaoca mašinom može postati prostor koji je krajnje nepogodan za boravak i rad čoveka. Iz tog razloga, važan aspekt ergonomije rada u kabini mobilne poljoprivredne mehanizacije jeste stvaranje i održavanje pogodne mikroklime.

Konvencionalni pristup analizi mikroklimatskih uslova u kabini zasniva se na posmatranju prostora kabine kao homogenog. Takođe i standardi i norme kojima se propisuju mikroklimatski uslovi u zatvorenom prostoru preporučuju što manju nehomogenost. U realnosti, uslovi su obično izrazito nehomogeni i promenljivi u vremenu, a čovekovo telo zauzima samo manji deo zapreme unutrašnjosti kabine i nema mnogo mogućnosti za promenu položaja. Pored toga, pojedini delovi čovekovog tela imaju različitu topotnu osetljivost i različito utiču na ukupni topotni osećaj i topotni komfor, što je u ovom radu iskorišćeno kao osnova za istraživanje u pravcu generisanja kontrolisane neuniformnosti mikroklimatskih parametara lokalizovanom distribucijom kondicioniranog vazduha u traktorskoj kabini.

Ključne reči: ergonomija, kabina, ventilacija, klimatizacija, topotni komfor

UVOD

Topotno okruženje u kabini mobilnih poljoprivrednih mašina, kao što su traktori i kombajni, po mnogo aspekata se razlikuju od uslova u građevinskim objektima. Specifični uslovi karakteristični za kabine su:

- mala zapremina prostora,
- promena mikroklimatskih parametara može biti nagla (zbog promene orientacije kabine prema suncu i sl.),
- staklene površine preovladavaju na površini omotača kabine,
- rukovalac sedi blizu površina koje mogu biti znatno iznad temperature vazduha,

- rukovalac ne može da menja poziciju u kabini, takođe je promena položaja tela ograničena,
- sistem za kondicioniranje vazduha nije u funkciji kada motor mašine ne radi,
- spoljašnji vazduh može imati visok sadržaj prašine ili štetnih hemijskih sredstava, čineći prirodnu ventilaciju neprikladnom.

Bez obzira na to, uslovi topotognog komfora bi trebali biti približno isti kao i u bilo kom drugom zatvorenom objektu. Standardi za topotni komfor nalažu određene granice i kombinacije mikroklimatskih (temperature vazduha i površina, brzina vazduha i relativna vlažnost) i individualnih (oblačenje i aktivnost) parametara koji bi trebali da za prosečnu populaciju predstavljaju uslove koji obezbeđuju topotni komfor, pod uslovom da su mikroklimatski parametri približno homogeni u prostoru kabine i nepromenljivi u vremenu.

U kondicioniranoj kabini samohodne poljoprivredne mašine, topotni uslovi se postižu ubacivanjem kondicioniranog vazduha kroz otvore - duvaljke, postavljene u blizini komandne table ili na tavanicu. Zbog toga i zbog specifičnih graničnih uslova, postizanje homogene i stacionarne mikroklima nije jednostavno. Uzimajući u obzir interindividualne i intraindividualne razlike među rukovaocima, uslove nije moguće egzaktно specificirati, nego je potrebno ostaviti prostor za lično podešavanje rada sistema u određenim (širokim, kako se pokazalo) granicama.

LOKALNI TOPOTNI OSEĆAJ ČOVEKA I USLOVI TOPOTNOG KOMFORA

Unutrašnjost kabine je i pri umerenim spoljašnjim uslovima izložena različitim topotnim opterećenjima, kao što su direktno i odbijeno zračenje sunca i dotok topote od pogonskog agregata.

Bez efikasnog odvođenja topote, posledica će biti porast temperature unutrašnjosti preko prihvatljivih granica. Ambijent postaje nekomforan, radne sposobnosti rukovaoca su umanjene, prisutan je i rizik od hipertermije.

Da bi se sprečilo podizanje temperature čovekovog tela, neophodno je na neki način odvoditi topotu iz tela, ili učiniti ambijent termički ugodnim. U kabini se mogu koristiti oba načina, posebno u prelaznim režimima kao što je rashlađivanje kabine ugrejane na suncu. Najveći udio oslobođanja topote sa tela u toplim uslovima pripada konvektivnom prenosu topote i isparavanju znoja sa površine kože [8], [18]. Intenzitet prenosa topote će zavisiti od razlike temperatura vazduha i površine kože, vlažnosti kože i od lokalne brzine vazduha. Zato lokalni i ukupni topotni osećaj treba da bude referenca za određivanje pogodnih lokalnih mikroklimatskih parametara u kabini koje sistem za kondicioniranje vazduha treba da generiše.

Osnovni uslovi topotognog komfora su [8], [18]:

- postignuta je topotna ravnoteža organizma,
- kombinacija temperature kože i temperature unutrašnjosti tela obezbeđuje osećaj topotne neutralnosti,
- odavanje znoja je u granicama koji su neophodni da bi osoba bila u stanju komfora,

- nema lokalne topotne neudobnosti.

Osećaj topote je zasnovan na signalima termoreceptora smeštenih u koži i unutrašnjosti tela, a topotni osećaj pojedinih delova tela je različit, zbog različitih svojstava i drugačijeg intenziteta lučenja znoja [1], [9], [25]:

- pri lokalnom hlađenju, leđa, grudi i karlica imaju najveći uticaj na ukupni topotni osećaj, koji prati lokalni osećaj tih delova,
- oblast glave, ruke i noge imaju umeren uticaj na ukupni topotni osećaj,
- najmanje uticaja na ukupni topotni osećaj ima lokalni osećaj šaka i stopala.

Gledano od strane karakteristika čovekovog tela i preferiranih uslova, ono što sistem za kondicioniranje treba da zadovolji je sledeće:

- ostvariti takve lokalne mikroklimatske parametre da se lokalne temperature kože dovedu i održe na nivou koji daje osećaj topotnog komfora,
- mlaz vazduha mora prodreti kroz struju prirodne konvekcije oko tela,
- izbeći lokalni diskomfor zbog promjene i iritacije očiju,
- snabdjeti zonu disanja svežim i čistim vazduhom.

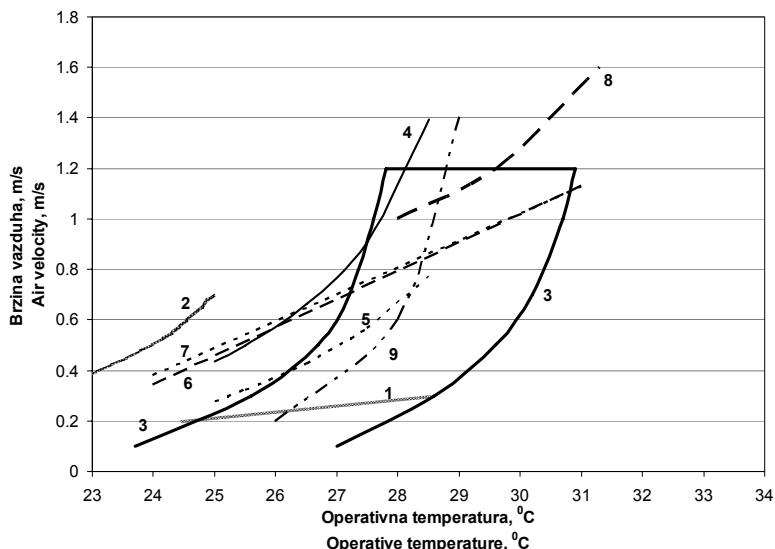
Posmatrajući navedene zahteve, može se zaključiti i da neki od njih mogu biti protivrečni. To znači da stvaranje uslova za postizanje ukupnog komfora ne znači da neće biti lokalnog diskomfora, i obrnuto. Idealan slučaj jeste homogena sredina, sa minimalnim promenama u vremenu. Kako je ranije rečeno, u kabini poljoprivredne mehanizacije nije jednostavno ostvariti takve uslove, pa se topotni osećaj mora posmatrati na lokalizovanom nivou. Odatle sledi da i ako kombinacija mikroklimatskih parametara osrednjjenih u prostoru kabine i izraženih preko PMV izlazi van granica komfora ($PMV \leq 0,7$ za najnižu klasu komfora [12]), ipak mogu biti ostvareni uslovi koji ne predstavljaju topotno nezadovoljstvo.

PREFERIRANE VREDNOSTI LOKALNE BRZINE VAZDUHA

Na osnovu pregleda relevantne literature iz oblasti topotnog komfora i ventilacije, sakupljeni su empirijski podaci o preferiranim kombinacijama lokalne temperature i brzine vazduha u zoni glave i gornjeg dela tela, predstavljeni na sl. 1.

Na grafiku kriva označena brojem 1 predstavlja indeks $DR = 20\%$, prema ISO 7730, za $TI = 50\%$ [12]. Krive broj 2 su preporučene brzine u izotermalnom slučaju, prema DIN 1946-3 [6]. Kriva 3 ograničava polje prema standardu ASHRAE 55-2009 [5], kada izložena osoba ima kontrolu na brzinom vazduha ($PMV = \pm 0,5$, aktivnost 1,1 Met i izolacija odeće 0,5 Clo). Krive 4 i 5 predstavljaju $PS = 100\%$ i $PS = 80\%$ (*Percentage of satisfied*), respektivno, prema rezultatima Fountain-a et al. [10]. Krive 6 i 7 su regresione krive rezultata Arens-a et al. [3], za neutralan osećaj kretanja vazduha i neutralan topotni osećaj, respektivno. Krive 8 i 9 su preferirane brzine vazduha prema rezultatima Tanabe i Kimura [3] i prema rezultatima Toftum-a [24], respektivno.

Uočava se da su brzine koje su preporučene prema ISO 7730 veoma restriktivne, te da spadaju u oblast toplog osećaja. Nasuprot tome, standard ASHRAE 55-2009 kao moguće vrednosti navodi brzine vazduha do 1,2 m/s, daleko iznad ranije usvojenih preporučljivih brzina vazduha. Uslov za tako velike vrednosti brzina vazduha jeste da ona bude pod kontrolom izložene osobe, u ovom slučaju rukovaoca mašinom.



Sl. 1. Vrednosti preferiranih lokalnih izotermalnih brzina vazduha u funkciji operativne temperature, za sedeci položaj, aktivnost od 1,0 - 1,2
Met i izolaciju odeće 0,35 - 0,5 Clo (0,73 Clo sa stolicom).

Kako je u toplim uslovima predviđena upotreba klimatizera za snižavanje temperature i vlažnosti vazduha koji se ubacuje u kabinu, oko tela će strujati vazduh hladniji od okolnog. Eksperimenti izvedeni u neizotermnim uslovima su pokazali da se preferirana brzina vazduha smanjuje ukoliko se povećava razlika temperatura hladnije struje vazduha i okolnog vazduha [11], [17].

PRINCIP PRIMENE LOKALIZOVANE DISTRIBUCIJE KONDICIONIRANOG VAZDUHA U KABINI

Ako sistem za kondicioniranje vazduha i njegovo razvodenje omogućava da svaki deo tela ima razmenu topote sa okolinom takvu da odgovara trenutnim potrebama sa aspekta topotne ravnoteže i neutralnog topotognog osećaja, što može varirati između pojedinih delova tela, reč je o tzv. personalizovanoj klimatizaciji, baziranoj na lokalizovanoj distribuciji kondicioniranog vazduha. Takav sistem je sposoban da bude prilagođen svakoj osobi u skladu sa njegovim željama i potrebama, koje mogu varirati u širokim granicama, kako se na primerima prikazanim na slici 1 može videti.

Izlazni parametri sistema lokalizovane distribucije kondicioniranog vazduha su temperatura, brzina i intenzitet turbulencije vazduha, na mestu kontakta mlaza i površine čovekovog tela. Od izlazne brzine vazduha iz duvaljke, njenih geometrijskih karakteristika, usmerenosti i udaljenosti od tela, zavisiće i vrednosti navedenih parametara, time i lokalni topotni osećaj.

Oblasti tela rukovaoca koje zahtevaju zasebnu kontrolu uslova, u zavisnosti su od njihovog uticaja na ukupni toplotni osećaj. Oblasti su prikazane na slici 2, i to su oblasti sa značajnim, srednjim i malim uticajem u toplim uslovima.



Sl. 2. Oblasti tela rukovaoca sa značajnim (crno), srednjim (sivo) i malim (belo) uticajem na topotni osećaj u toplim uslovima

Osnovne karakteristike sistema lokalizovane distribucije kondicioniranog vazduha bile bi sledeće [1], [15], [16], [20]:

- temperatura lokalizovane struje vazduha treba da bude jednaka ili za $3\div4^{\circ}\text{C}$ niža od temperature okolnog vazduha u kabini;
- lokalna brzina vazduha mora biti dovoljna da mlaz prodre kroz struju prirodne konvekcije oko tela rukovaoca, a iskustvena vrednost minimalne brzine vazduha na površini tela rukovaoca je $0,3 \text{ m/s}$;
- mogućnost podešavanja sistema i njegov kapacitet treba da su takvi da se u skladu sa individualnim potrebama može postići i lokalna brzina vazduha do $1,2\div1,5 \text{ m/s}$;
- podešavanje pravca strujanja vazduha svake duvaljke mora biti u širokim granicama, prilagodljivo različitim telesnim građama i položajima rukovaoca;
- duvaljke (difuzori) usmerene ka zoni disanja treba da daju uniforman profil brzine na izlazu, sa što manjom inicijalnom turbulentencijom, jer se na taj način umanjuje mešanje sa okolnim vazduhom;
- u pogledu karakteristika strujanja, pogodnije su duvaljke sa kružnim presekom otvora, u poređenju sa otvorom pravougaonog preseka;
- preporučeno rastojanje duvaljke od tela rukovaoca bi trebalo da je 3 do 6 prečnika duvaljke, što odgovara rastojanju od 0,4 do 0,6 m; rastojanje i lokacije duvaljki moraju biti i u skladu sa geometrijom unutrašnjosti kabine i sa uslovima za obezbeđenje potrebne vidljivosti iz kabine;
- sveži vazduh mora dolaziti u zonu disanja rukovaoca spreda ili sa strane, tako da se izbegne diskomfor zbog promjaje ili iritacije očiju;
- šum vazduha mora biti u dozvoljenim granicama za unutrašnju buku samohodnih mašina.

Na osnovu teorije strujanja vazduha iz otvora okruglog preseka, za usvojenih osam duvaljki prečnika 50 mm, prosečnu udaljenost duvaljki od površine tela rukovaoca 0,6 m i za lokalne brzine vazduha na površini tela od 0,3 do 1,0 m/s, ukupan teorijski protok vazduha sistema ventilacije bi trebao da je od 180 do 600 m³/h [4]. Te vrednosti su u skladu sa karakteristikama konvencionalnih sistema za prinudnu ventilaciju kabina.

TOPLOTNI BILANS KABINE U TOPLIM USLOVIMA

Vrednosti toplotnog opterećenja kabine (dotoka toplove) u tipičnim letnjim uslovima na našim prostorima, pri spoljašnjoj temperaturi vazduha od 30°C, relativnoj vlažnosti od 50% i intenzitetu zračenja sunca od oko 500 W/m² iznose između 1,5 i 2 kW. Osim sunčevog zračenja, velik udeo ima dotok toplove od strane agregata [13], [14], [19], [21]. Osetno odavanje toplove od strane rukovaoca prosečnog rasta pod tim uslovima je oko 160 W, a latentno 150 ÷ 200 W i više, u zavisnosti od intenziteta odavanja znoja [5], [18].

Uz pretpostavku da je spoljašnji vazduh koji prođe kroz isparivač klima-uređaja ohlađen na temperaturu od 5°C, a da su u kabini homogeni uslovi sa temperaturom vazduha od 26°C i relativnom vlažnosti od 30%, razmena toplove na isparivaču (odvođenje toplove i vlage od spoljašnjeg vazduha) je reda veličine 4 kW, sa masenim protokom vazduha (spoljašnjeg, bez recirkulacije) od oko 250 m³/h. Očigledno je potrebna rashladna snaga relativno velika, imajući u vidu da je kabina namenjena smeštaju samo jedne osobe.

U takvim uslovima, za procenjenu metaboličku aktivnost rukovaoca od $M = 1,4$ Met, i procenjenu izolaciju letnje odeće i sedišta od $I_{clo} = 0,52$ Clo, zbog dejstva sunca i okolnih toplijih površina (operativna temperatura 29,6°C), topotni osećaj se može oceniti preko indeksa PMV koji u tom slučaju iznosi 1,25. PMV indeks je veći od gornje granice standardnih uslova komfora (PMV = 0,7), te će rukovaocu biti neugodno toplo. Da bi se pod tim uslovima održala topotna ravnoteža organizma, neophodno je odvesti topotu putem isparavanja znoja sa površine tela u iznosu od 0,42 kg/h, što odgovara visokoj vrednosti koeficijenta vlažnosti kože, $w = 0,63$ [5], [12], [18].

Zadržavanjem istog načina kondicioniranja vazduha (kompresorskim klima-uređajem), a primenom koncepta lokalizovane distribucije kondicioniranog vazduha, moguće je dobiti povoljnije mikroklimatske uslove i topotni osećaj rukovaoca uz smanjenje energije potrebne za hlađenje vazduha. Pored kontrolisane neuniformnosti od strane rukovaoca i podizanja lokalnih brzina vazduha prema preporučenim vrednostima, recirkulacija kabinskog vazduha je uticajan metod za smanjenje utroška energije (tabela 1).

Podaci se odnose na teorijski proračun količine koju treba odvesti od vazduha na isparivaču klima uređaja u slučaju traktorske kabine zapremine oko 3 m³, za gore navedene spoljašnje uslove. Bez obzira na rezultujuću srednju temperaturu vazduha u kabini, kombinacije lokalnih temperatura i brzina vazduha treba da budu takve da se obezbedi najpovoljniji topotni osećaj rukovaoca. Stoga je neophodna velika sloboda u podešavanju distribucije vazduha od strane rukovaoca, u skladu sa trenutnim i individualnim potrebama. Upravljanje sistemom za lokalizovanu distribuciju kondicioniranog vazduha se takođe zasniva na promeni pravca, brzine (protoka) i temperature vazduha pojedinih duvaljki.

Tab. 1. Procentualni prikaz teorijski procenjene količine toplove koju treba odvesti od vazduha u sistemu za klimatizaciju u odnosu na referentni slučaj (250 m³/h, bez recirkulacije)

		Zapreminska protoka vazduha, m ³ /h			
		200	250	300	350
Udeo recirkulisanog vazduha	0%	80%	100%	120%	140%
	25%	73%	89%	104%	120%
	50%	67%	78%	89%	99%
	75%	60%	67%	73%	79%
Srednja temperatura vazduha u kabini, °C		29,5	25,9	23,2	21,1
Relativna vlažnost vazduha u kabini, %		28	33	37	41

U pogledu kvaliteta vazduha, sveži vazduh je potrebno direktno sprovoditi do zone disanja, na takav način da ne dolazi do mešanja sa okolnim vazduhom kabine. Protok od 36 - 72 m³/h je preporučena količina za jednu osobu u zatvorenom prostoru [4], što iznosi od oko jedne desetine do jedne petine od ukupnog protoka koji konvencionalni sistem može obezbediti. Da bi se realizovao opisani sistem, a posebno da se prednosti recirkulacije iskoriste na optimalan način, sistem distribucije vazduha se mora izvesti sa nezavisnom regulacijom protoka vazduha za svaku od duvaljki usmerenih na telo čoveka, a poseban podsistem bi činio dovod i kondicioniranje vazduha svežeg, filtriranog vazduha namenjenog zoni disanja i gornjem delu tela, dok na ostale delove tela može delovati i delimično recirkulisani vazduh.

ZAKLJUČAK

U cilju poboljšanja mikroklimatskog komfora u kabini samohodnih poljoprivrednih mašina, ali i povećanja energetske efikasnosti sistema klimatizacije vazduha, uporedo sa smanjenjem protoka toplove kroz zidove kabine, potrebno je i efikasnije koristiti sistem kondicioniranja vazduha primenom lokalizovane distribucije kondicioniranog vazduha pod kontrolom rukovaoca. Na taj način nastaje neuniformno mikroklimatsko polje u kabini, prvenstveno u svrhu formiranja pogodnih uslova u samoj okolini rukovaoca.

Da bi se pravilno ocenile karakteristike ovog koncepta klimatizacije i ventilacije kabine, neophodno je u potpunosti modelirati ceo sistem okolina-kabina-rukovaoc-sistem za kondicioniranje vazduha. Zbog većeg broja nezavisno kontrolisanih duvaljki, složene unutrašnje konfiguracije kabinskog prostora i različitih mehanizama razmene toplove, jasno je da će polje mikroklimatskih parametara biti veoma složeno, pa će dalja istraživanja biti usmerena na modeliranje i optimizaciju primenom CFD softverskih paketa.

Optimizacija sistema treba da obuhvati broj, razmeštaj i karakteristike duvaljki, odnos spoljašnjeg i recirkulisanog vazduha i vrednosti izlaznih brzina i temperatura vazduha pojedinačnih duvaljki sa aspekta topotognog osećaja rukovaoca i utroška energije.

LITERATURA

- [1] Arens E, Zhang H, Huijenga C: Partial- and whole-body thermal sensation and comfort. Part I and II, Journal of Thermal Biology 31, 2006, pp. 53 - 66
- [2] Arens E, Turner S, Zhang H, Paliaga G: A Standard for Elevated Air Speed in Neutral and Warm Environments, ASHRAE Journal, May 51 (25), 8 - 18, 2009
- [3] Arens E, Xu T, Miura K, Hui Z, Fountain M, Bauman F: A study of occupant cooling by personally controlled air movement, Energy and buildings 27 (1998) pp. 45-49
- [4] ASHRAE Fundamentals Handbook, Atlanta, USA, 1997
- [5] ASHRAE Standard 55P. Thermal environmental conditions for occupancy, Third public review, ASHRAE Inc., 2003
- [6] DIN 1946-3, Entwurf, Raumlufttechnik, Teil 3: Ventilation von Personenfahrzeugen und Lastkraftwagen, 2003
- [7] Fanger P. O: Human requirements in future air-conditioned environments, International Journal of Refrigeration 24, 2001, pp. 148-153
- [8] Fanger P. O: Thermal comfort, McGraw-Hill, New York, 1970
- [9] Fiala D: Dynamic Simulation of Human Heat Transfer and Thermal Comfort, PhD thesis, De Montfort University, 1998
- [10] Fountain M, Arens E, de Dear R, Bauman F, Miura K: Locally Controlled Air Movement Preferred in Warm Isothermal Environments, ASHRAE Transactions, 1994, Vol. 100, part 2
- [11] Gong N, Tham K W, Melikov A, Wyong D P, Sekhar S C, Cheong K W. The acceptable air velocity range for local air movement in the tropics. International Journal of Heating, Ventilating, Air-Conditioning and Refrigerating Research 2006;12(4):1065–76
- [12] ISO 7730. Moderate thermal environment- Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. International Organization for Standardization, 1994
- [13] Jahns G. von, Janssen J.: Klimatisierung von Fahrerkabinen landwirtschaftlicher Fahrzeuge, Grundl. Landtechnik Bd 32, 1982, pp. 164-171
- [14] Janssen J.: Luftführung in Fahrerkabinen unter dem Gesichtspunkt der thermischen Behaglichkeit, Grundl. Landtechnik 34, Nr 5, 1984, pp. 198-205
- [15] Khalifa H. E, Janos M. I, Dannenhoffer J. F: Experimental investigation of reduced-mixing personal ventilation jets, Building and Environment 44, 2009, pp. 1551–1558
- [16] Melikov A: Personalized ventilation, Indoor Air 2004, 14 (Suppl. 7): pp. 157–167
- [17] Melikov A, Cermak R, Majer M: Personalized ventilation: evaluation of different air terminal devices, Energy and Buildings 34, 2002, pp. 829–836
- [18] Parsons K: Human thermal environments: The effects of hot, moderate and cold environments on human health, comfort and performance, 2nd ed. Taylor & Francis, London, 2003
- [19] Rugh J, Farrington R: Vehicle Ancillary Load Reduction Project Close-Out Report, Technical Report NREL/TP-540-42454, 2008
- [20] Ružić D, Časnji F: Personalized ventilation concept in mobile machinery cab, in proceedings of International Congress Motor Vehicles & Motors 2010, Kragujevac, 2010, pp. 216-225
- [21] Ružić D, Časnji F, Muzikravić V: Glass properties as an influencing factor on microclimate in tractor cab (in Serbian), Tractors and power machines, Vol. 12, No. 4, 2007, pp. 92-97

- [22] Ružić D, Časnji F, Muzikravić V: Thermal load on passengers in an automobile cabin, in proceedings of International Congress Motor Vehicles & Motors 2006, Kragujevac, 2006
- [23] Sun W, Tham K. W, Zhou W, Gong N: Thermal performance of a personalized ventilation air terminal device at two different turbulence intensities, Building and Environment 42, 2007, pp. 3974–3983
- [24] Toftum J: Air movement – good or bad?, Indoor Air 2004; 14 (Suppl 7), pp. 40–45
- [25] Zhang H: Human Thermal Sensation and Comfort in Transient and Non-Uniform Thermal Environments, PhD thesis, University of California, Berkeley, 2003

IMPROVEMENT OF MICROCLIMATE CONDITIONS IN CAB OF AGRICULTURAL MACHINES BY USING LOCALIZED AIR DISTRIBUTION

Dragan Ružić, Ferenc Časnji

Faculty of Technical Science, Novi Sad

Abstract: Self-propelled agricultural machinery is mainly utilized during the warm period of the year. Under such conditions, due to solar radiation and other heat sources, inside conditions of operator's cab could become detrimental. Therefore, generating and maintaining of comfortable microclimate is very important aspect of ergonomics in the machinery cab.

Conventional approach for cab microclimate conditions analyze is based on the presumption that there is homogenous state. Standards for indoor microclimate conditions also recommend minimal non-homogeneity. In reality, the conditions are usually non-homogenous and transient, but human body occupies only minor part of total cab interior volume and there are no much possibility for change the postures. Beside of this, individual parts of the body have different thermal sensitivity and different influence on overall thermal sensation and thermal comfort. This fact was used in this paper as a basis for research in field of non-uniformity of microclimate parameters in tractor cab by localized distribution of conditioned air.

Key words: ergonomics, cab, ventilation, air-conditioning, thermal comfort



UDK: 629.11

MOGUĆNOST PREDVIĐANJA OPTIMALNOG PERIODA EKSPLOATACIJE MOTORNIH VOZILA

Božidar Krstić¹, Ivan Krstić², Vojislav Krstić³

¹Mašinski fakultet u Kragujevcu, ²Fakultet tehničkih nauka u K. Mitrovici,

³Saobraćajni fakultet u Beogradu

Sadržaj: Sistemskim praćenjem motornog vozila u eksploataciji, analiziranjem uticaja svih faktora koji utiču na pojavu neispravnosti, može se stvoriti neophodna baza podataka. Obradom tih podataka, uz primenu teorije pouzdanosti, dobijaju se neophodni parametri za projektovanje novih i održavanje postojećih motornih vozila.

Ključne reči: održavanje, motorno vozilo, otkaz, predviđanje, eksplatacija

UVOD

Efikasni metod sprečavanja pojave otkaza delova vozila jeste prognoziranje. Suština prognoziranja otkaza sastoji se u tome što se neispravnosti na delovima vozila otkrivaju pre pojave otkaza pa se zamenjuju ili revitalizuju.

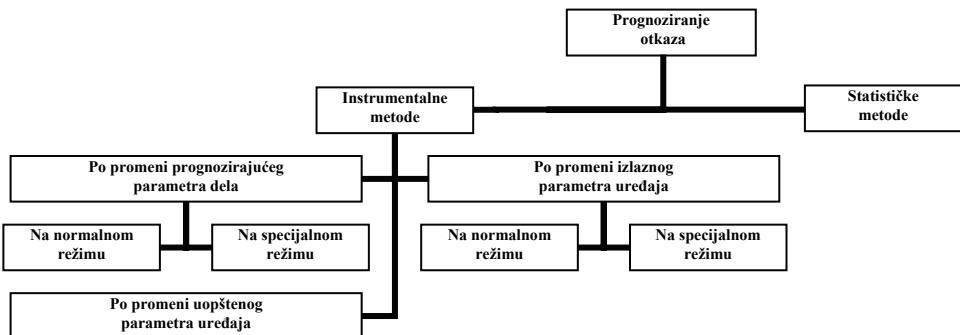
Elementi kod kojih se može prekontrolisati fizičko-hemijska struktura, što znači da se može navesti prognozirajući, ili sa njim posredno povezan izlazni parametar, podvrgavaju se „instrumentalnoj“ prognozi. Kada nema prognozirajućeg parametra neispravni elementi se otkrivaju statističkim metodama prognoziranja.

Instrumentalne metode prognoziranja omogućuju otkrivanje otkaza koji se mogu sprečiti, sa verovatnoćom koja zavisi od kvaliteta opreme za prognoziranje (tačnosti merenja prognozirajućeg parametra) i pouzdanosti prognozirajućeg parametra, uslovljrenom stepenom saglasnosti izmerenog parametra i intenziteta merenja strukture delova sa vremenom. Prikupljanje znanja o karakteru promena strukture materijala i delova, pod uticajem različitih faktora, može omogućiti instrumentalno prognoziranje i onih otkaza za koje još ne postoji prognozirajući parametar.

Na slici 1 prikazana je klasifikacija postojećih pravaca instrumentalne prognoze: Po menjanju prognozirajućeg parametra dela; Prema menjanju izlaznog parametra uređaja; Na osnovu menjanja uopštenog parametra uređaja.

Prognoziranje otkaza u prva dva pravca može se ostvarivati kako metodama neposredne kontrole (merenja) prognozirajućih parametara ili sa njima posredno povezanih parametara na normalnom režimu, tako i metodama instrumentalne prognoze simuliranjem pojava stareњa, habanja ili drugih degradativnih faktora.

Suština prvih metoda (prognoziranje na normalnom režimu) je u periodičnom merenju parametra $\bar{\alpha}$ i povlačenja dijagrama menjanja njegove veličine tokom vremena. Ekstrapolacijom rezultata merenja parametara može se dobiti kriva zavisnosti $\bar{\alpha} = f(t)$, a kad se zna dozvoljena veličina parametra $\bar{\alpha}_{KP}$, moguće je odrediti vreme blagovremene zamene ili popravke dela.



Sl. 1 Klasifikacija metoda prognoziranja

Suština drugih metoda (prognoziranje na specijalnom režimu) sastoji se u primeni režima preopterećenja ili olakšanja, tzv. graničnih režima rada delova i sklopova, što omogućuje da se sa određenim stepenom tačnosti simuliraju pojave starenja ili habanja.

Ovakvo „veštačko“ ispitivanje delova koristi se radi ranijeg otkrivanja tendencije naglog pogoršanja prognozirajućeg parametra. Osetljivost prognoze pri tome se povećava.

Osnovne metode prognoziranja otkaza delova vozila, koje se koriste za otkrivanje neispravnih njegovih delova, su: Prognoziranje otkaza delova vozila na osnovu promene prognozirajućeg parametra; Prognoziranje otkaza na osnovu promene izlaznog dijagnostičkog parametra u normalnim uslovima korišćenja; Prognoziranje otkaza delova vozila na osnovu promene uopštenog parametra; Statističke metode prognoziranja.

Cilj rada je prikaz suštine metoda prognoziranja pojave otkaza delova vozila, i način njihove primene radi postizanja maksimalne efektivnosti eksploracije vozila.

PROGNOZIRANJE OTKAZA DELOVA VOZILA NA OSNOVU PROMENE PROGNOZIRAJUĆEG PARAMETRA

Za prognozirajući parametar bira se onaj koji karakteriše nepovratni proces postepenog razaranja fizičko-hemidske strukture dela.

U pojedinim slučajevima prognozirajući parametar može istovremeno da bude i osnovni funkcionalni (izlazni) parametar dela.

Posle izbora jednog ili drugog parametra prognoze određuje se njegova vremenska karakteristika $\bar{\alpha} = f(t)$ putem specijalnih ispitivanja datog dela. Frekvencija merenja

zavisi od karaktera zavisnosti $\bar{\alpha} = f(t)$. Kod linearne ili njoj bliske zavisnosti možemo se ograničiti na dva – tri merenja parametra $\bar{\alpha}$ u toku vremena ispitivanja. U većini slučajeva može se očekivati da rasipanje parametara podleže skraćenom (nepotpunom) normalnom zakonu raspodele. Tada će svaku od konstruisanih raspodela karakterisati matematička očekivanja parametra $\bar{\alpha}_0, \bar{\alpha}_1, \bar{\alpha}_2$ i srednja kvadratna odstupanja σ_0, σ_1 i σ_2 . Ako podemo od dozvoljenih vrednosti relativnog broja delova q , koji mogu otkazivati posle prognoziranja, po tabelama integralne funkcije Laplasa:

$$p(z) = 1 - q = 0.5 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\frac{z-\bar{\alpha}}{\sigma}} \exp\left(-\frac{z^2}{2}\right) dz \quad (1)$$

Nalazimo veličinu dozvoljenog odstupanja parametra $\Delta\alpha = z\sigma$, odnosno donju granicu dozvoljenih vrednosti parametra $\bar{\alpha}$.

Nedostatak navedenog metoda predstavlja potreba da se delovi vozila skidaju sa uređaja pri korišćenju posebnih uredaja za prognoziranje što uslovjava znatne zastoje u radu vozila. Ugradnja pribora za prognoziranje, sa velikim brojem prognozirajućih elemenata, zнатно usložnjava opremu, a samim tim smanjuje njegovu pouzdanost.

Prednost navedenog metoda je relativno visoka verovatnoća odstranjivanja neispravnog dela pri preventivi, kao i mogućnost prognoziranja u procesu rada.

Pored prognoziranja na normalnim režimima rada, primenjuje se i prognoziranje na specijalnim kontrolnim režimima.

Promena, pak, prognozirajućeg parametra dela tokom dugotrajne eksploatacije vozila dogada se na normalnim režimima rada koji odgovaraju režimima rada dela u sklopu vozila. Treba naglasiti da preventivna kontrola pouzdanosti navedenim metodom zahteva vrlo brižljiva ispitivanja, zato što stvaranje specijalnih režima može, pored prognoziranja otkaza delova, izazvati oštećenje njihove strukture, što će usloviti smanjenje pouzdanosti. Izbor veličine odstupanja parametara specijalnog režima od odgovarajućih parametara normalnog, zavisi, sa jedne strane od potrebne osetljivosti (preciznosti) prognoze (što je veće odstupanje, to je veća osetljivost), a sa tim i od verovatnoće da simulacija efekta starenja omogućuje prognoziranje neispravnog dela. S druge strane, prevelika odstupanja mogu izazvati nepovratna (zaostala) oštećenja strukture dela koja dovode do smanjenja pouzdanosti i prevremene zamene.

Prognoziranje na specijalnim režimima ima sledeće prednosti: Dovoljno visok stepen osetljivosti (preciznosti) prognoziranja ($K_{\alpha}^{(k)} > K_{\alpha}$). Pruža mogućnost za takav izbor delova koji će omogućiti njihov rad u težim uslovima korišćenja od normalnih; Relativno jednostavan način prognoziranja.

Ako se prognozirajući parametar podudara sa izlaznim, može se proći i bez specijalnih pribora za prognoziranje, budući da se škartiranje neispravnih delova i kontrola njihovog kvaliteta proveravaju funkcionsanjem čitavog uređaja.

Kao nedostatke treba navesti: Ispitivanje delova u posebnim teškim uslovima što u pojedinim slučajevima može usloviti prevremeno starenje zbog habanja; Potreba stvaranja uređaja koji obezbeđuju dobijanje specijalnih kontrolnih režima; Nepostojanje

mogućnosti prognoze na normalnom režimu korišćenja što dovodi do dodatnih zastoja uređaja pri preventivnim operacijama.

PROGNOZIRANJE OTKAZA NA OSNOVU PROMENE IZLAZNOG DIJAGNOSTIČKOG PARAMETRA U NORMALNIM USLOVIMA EKSPLOATACIJE

Metode određivanja zavisnosti promene izlaznog parametra vozila, izazvane postepenim pogoršavanjem kvaliteta ulaznih delova, ne razlikuju se od već opisanih. Ali u tom slučaju treba utvrditi korelativnu povezanost izlaznog parametra vozila i kvaliteta ulaznih elemenata. Zavisnost prognozirajućeg parametra od vremena $\alpha = f(t)$ određuje se kao i u prethodnom slučaju. Korelativne karakteristike veze između parametara χ (χ – izlazni parametar) i α se određuju posebnim ispitivanjem. Karakter ispitivanja objašnjen je na slici 2, po kojoj se lako može proslediti proces određivanja karakteristika korelativne veze. Krive 1 i 1' odgovaraju raspodeli prognozirajućeg i izlaznog parametra u momentu t_0 , a kriva 2 i 2' u momentu t_1 .

Sa tačnošću prihvatljivom za tehničke proračune, može se smatrati da se ispunjavaju sledeći uslovi:

- Korelativna zavisnost $\chi = f(\alpha)$ (prava regresije χ na α) podudara se sa uprosećenom funkcionalnom zavisnošću $\chi = \varphi(\alpha)$ pri menjanju parametra u vremenskom intervalu koji nas interesuje;
- Pri svakoj vrednosti parametra α vrednosti parametra χ podleže normalnom zakonu raspodele;
- Srednja vrednost parametra $\bar{\chi}$, koja odgovara dатој vrednosti parametra $\bar{\alpha}$, praktično predstavlja linearu funkciju u maloj oblasti promena α ;
- Srednje kvadratno odstupanje vrednosti parametra χ od prave regresije, u intervalu koji nas interesuje, predstavlja konstantnu veličinu.

Imajući u vidu izloženo, za određivanje verovatnih karakteristika parametra χ mogu se iskoristiti izrazi:

$$\sigma_\chi = \sqrt{\rho_{\chi/\alpha}^2 + \alpha_{\chi/\alpha}^2}, \quad (2)$$

$$\Delta\bar{\chi} = \rho_{\chi/\alpha}\Delta\bar{\alpha}, \quad (3)$$

gde su: σ_χ i σ_α – srednja kvadratna odstupanja parametara χ i α ; $\sigma_{\chi/\alpha}$ – srednje kvadratno odstupanje parametra χ od prave regresije χ za α ; $\rho_{\chi/\alpha}$ – koeficijent regresije χ za α ; $\Delta\bar{\chi}, \Delta\bar{\alpha}$ – promena srednjih vrednosti parametara χ i α sa vremenom.

Proračunom po formulama, koje određuju veličine σ_χ i $\Delta\bar{\chi}$, lako ćemo konstruisati zavisnost $\chi = \varphi(t)$. Uopšte govoreći, zavisnost $\chi = \varphi(t)$ može se dobiti i neposrednim ispitivanjem uređaja. Međutim, utvrđivanje zakonitosti menjanja izlaznog parametra uređaja u vremenu, izazvano postepenim opadanjem kvaliteta delova, u većini slučajeva zahteva dugotrajna i skupa ispitivanja. Promena navedene metodologije omogućuje znatno smanjenje obima ispitivanja.

Na osnovu $\bar{\alpha} = f(t)$, $\bar{\alpha}$ i σ_α karakteristika, kao i korelacionih karakteristika $\rho_{\chi/\alpha}$ i $\sigma_{\chi/\alpha}$, dobijenih u procesu kratkoročnih ispitivanja uređaja, može se dobiti zavisnost $\chi = f(\alpha)$ za određene vremenske momente t .

Sledeće konstruisanje zavisnosti $\chi = \varphi(t)$ (ili $\chi^K = \varphi(t)$), pri prognoziranju na specijalnim režimima, vrši se po analogiji sa metodama, navedenim u prethodnim slučajevima. Utvrđivanje nivoa i perioda prognoziranja uređaja pri tome se realizuje po krivoj $\chi = \varphi(t)$ konstruisanoj za delove najosjetljivije na habanje i stareњe.

Nedostaci navedenog metoda su sledeći: Obimni radovi na određivanju zavisnosti $\chi = \varphi(t)$, koji se moraju vršiti svaki put pri razradi i izradi novih tipova opreme; Za uređaj sastavljen od elemenata koji nemaju prognozirajuće parametre ne može se primeniti skraćena metodologija ispitivanja.

Ovaj metod, u odnosu na ranije opisane, ima niz prednosti: Skraćuju se zastoji zbog preventivnog održavanja s obzirom da se kontroliše uređaj u celini. Moguća je primena ugradenog „prognozera“ pa se broj kontrolisanih tačaka može svesti na broj blokova; Pri preventivnim operacijama sa zasebnim priborima prognoziranja nisu potrebne demontaža i montaža delova koji se u toku ispitivanja ne vade iz blokova. Znači da je moguće i prognoziranje delova koji se ne mogu demontirati.

PROGNOZIRANJE OTKAZA DELOVA VOZILA NA OSNOVU PROMENE UOPŠTENOG PARAMETRA

Uopštenim parametrom uređaja naziva se parametar koji u svakom momentu može da određuje njegovu funkcionalnost (radnu sposobnost). On objedinjuje sve podatke o radnoj sposobnosti uređaja, po svakome od izlaznih parametara, u jedinstven kriterijum kvaliteta rada. Uopšteni parametar određuje se na osnovu vrednosti unutrašnjih parametara delova koji čine uređaj. Unutrašnji parametri α su veličine otpora, kapaciteta, induktivnosti, karakteristike radiolampi, poluprovodnika i slično. U toku dugotrajnog korišćenja menja se fizičko-hemiska struktura delova uređaja, što dovodi do promene uopštenog parametra.

Da bi se utvrdila kvantitativna zavisnost među tim promenama mora se izabrati kriterijum ocene funkcionalnosti uređaja. Taj kriterijum predstavlja oblast funkcionisanja uređaja sa zadatim kvalitetom.

Pod oblašću radne sposobnosti (stabilnosti funkcionisanja) podrazumeva se oblast u kojoj uređaj stabilno radi i posle promene spoljašnjih eksploracionih uslova. Spoljašnji nivoi η biće jačina napajanja, veličine ulaznih signala, temperatura i sl. Konkretnie

vrednosti spoljašnjih uslova pri kojima uređaj iz stanja funkcionalnosti prelazi u stanje njenog gubljenja predstavljaju granicu oblasti radne sposobnosti uređaja. Tu granicu određuje stanje unutrašnjih parametara tj. kvalitet delova uređaja. Merenjem oblasti radne sposobnosti u procesu korišćenja može se kontrolisati stanje delova uređaja. Na taj način ostvaruje se kvantitativna provera dejstva promene unutrašnjih parametara na opšti parametar. Pri tome se pod rezervom pouzdanosti ΔB podrazumeva takvo odstupanje spoljašnjih uslova od njihovih nominalnih vrednosti, koje dovodi do prelaska vozila u stanje nefunkcionalnosti. Kvantitativna rezerva pouzdanosti ΔB izražava se:

$$\Delta B = \frac{B_{KP} - B_H}{B_H}, \quad (4)$$

gde su:

$$B_{KP} = f(\alpha_{KP}); B_H = f(\alpha_H) \quad (5)$$

Ako je u toku eksploatacije poznata vrednost pouzdanosti i njene promene sa vremenom, i utvrđena rezerva pouzdanosti posle koje nastupa otkaz uređaja, unapred se može predvideti taj momenat, što je osnova prognoziranja otkaza na osnovu uopštenog parametra.

Kada postoje statističke zakonitosti menjanja rezerve pouzdanosti $\Delta B = f(t)$, koja karakteriše promenu uopštenog parametra u vremenu, možemo prognozirati otkaze delova vozila ranije navedenim metodama. Treba naglasiti da ranije opisane metode instrumentalne prognoze predstavljaju posebne slučajevе varijante ove metode. Izložićemo kratku metodologiju prognoziranja prema uopštenom parametru koji se sastoji u sledećem:

Najpre se određuju očekivane (proračunske) promene spoljašnjih η parametara i utvrđuje oblast radne sposobnosti za vreme t_0 . Sa tim ciljem sastavljaju se nejednakosti koje određuju stabilno stanje vozila za granične režime:

$$\left. \begin{array}{l} \varphi_1(\alpha_0, \eta_1, \eta_2) \leq C_1 \text{ ili } \geq C_1, \\ \varphi_2(\alpha_0, \eta_1, \eta_2) \leq C_2 \text{ ili } \geq C_2, \end{array} \right\} \quad (6)$$

gde su: α_0, η – unutrašnji i spoljašnji parametri vozila; C_1, C_2 – kritične (krajnje) tačke na granici zone stabilnosti, koje odgovaraju prelasku iz stabilnih zona rada u nestabilne, po svakom razmatranom parametru.

Zatim se na osnovu neposrednog razmatranja funkcionalne sheme dela vozila, ili graničnih ispitivanja, otkrivaju rizični pravci menjanja parametara.

Pod rizičnim pravcima podrazumevaju se oni koji vode prelasku radne tačke u zonu nestabilnog rada. Utvrđivanje pravca „opasnih“ promena parametara, po pravilu, nije teško. U početne nejednakosti (6) uvode se proračunska odstupanja sa znacima koji odgovaraju rizičnim pravcima. Pri tome nejednačine (6) dobijaju sledeći oblik:

$$\begin{aligned}\varphi_1[\alpha_0, (\eta_1 \pm \Delta\eta_1), (\eta_2 \pm \Delta\eta_2)] &= C_1, \\ \varphi_2[\alpha_0, (\eta_1 \pm \Delta\eta_1), (\eta_2 \pm \Delta\eta_2)] &= C_2,\end{aligned}\quad (7)$$

Rešenjem ovih nejednačina dobijaju se vrednosti $\eta_1 \pm \Delta\eta_1$ i $\eta_2 \pm \Delta\eta_2$, koji omogućuju stabilan rad uređaja uz istovremeno menjanje razmatranih režima u nepovoljnem pravcu za odgovarajuće vrednosti $\Delta\eta_1$ i $\Delta\eta_2$ za momenat vremena t_0 .

Po poznatim parametrima prognoze $\alpha = f(t)$ odredićemo vrednosti unutrašnjih parametara za neki momenat t_{IP} i t_{KP} i na isti način utvrđujemo oblasti radne sposobnosti za njih. U svim slučajevima, utvrđujući normalne (nominalne) vrednosti parametara ($\Delta\eta = 0$), vraćamo radne tačke u početni položaj $B_H(\eta_H)$.

Minimalno rastojanje između početnih vrednosti radnih tačaka i njihovih kritičnih veličina u pravcu „opasnog“ pomeranja određuje rezervu pouzdanosti uređaja. U slučaju kada je određivanje pravca otežano, kao rezerva stabilnosti uzima se minimalno rastojanje između tačke $B_H(\eta_H)$ i granice oblasti radne sposobnosti. Izloženi metod prognoziranja ima visoku osetljivost i omogućuje da se u toku preventivnih ispitivanja otkrije znatan deo neispravnosti. On je posebno pogodan za kontrolu onih sklopova, blokova i modula, koje ne treba rasklapati u procesu eksploatacije. Osim toga, on omogućuje da se izbegnu neki iznenadni otkazi. Međutim, ovaj metod ima i niz nedostataka: Složenost ispitivanja. Mogućnost prevremenog habanja ispitivanih delova vozila zbog uvođenja specijalnih kontrolnih režima.

STATISTIČKE METODE PROGNOZIRANJA

Opisane metode instrumentalnog prognoziranja moguće je primeniti pod uslovom da su utvrđeni prognozirajući parametri elemenata i proučene zavisnosti vrednosti izlaznih ili uopštenih parametara uređaja u vremenu, i ukoliko postoje uređaji za prognoziranje, koji omogućuju da se sa dovoljnom tačnošću odrede promene tih parametara. Pošto danas većina navedenih pitanja nije sasvim rešena, mora se pribegavati, makar i nedovoljno efikasnim, ali relativno jednostavnim, statističkim metodama prognoze. Suština statističkih metoda prognoziranja sastoji se u sledećem:

Na osnovu postojećih statističkih podataka a učestalosti otkaza delova vozila u procesu korišćenja uređaja date klase povlače se krive njihove raspodele. Zatim, polazeći od potrebnog nivoa pouzdanosti, određuje se vreme posle koga se delovi preventivno zamenjuju. Recimo, da kod nekog sklopa vozila postoji grupa delova za koje gustina raspodele verovatnoće ispravnog rada podleže normalnom zakonu. U tom slučaju, za određivanje srednjeg vremena bezotkaznog rada T_{IP} , može se koristiti jednačina:

$$P_{\text{TP}}(t) = \left[1 - \int_0^{T_{\text{IP}}} f_{\Pi_2}(t) dt \right]^N, \quad (8)$$

gde su: $P_{\text{TP}}(t)$ – zadata verovatnoća pouzdanog rada grupe delova vozila; $f_{\Pi_2}(t)$ – gustina raspodele otkaza; N – broj delova.

Izražavanjem integrala u jednačini (8) normiranom Laplasovom funkcijom $\Phi(x)$, dobija se da je:

$$P_{\text{TP}}(t) = [0.5 + \Phi(x)]^N. \quad (9)$$

U jednačini (9) parametar x može se izraziti u obliku:

$$x = \frac{T_{\text{CP}} - T_{\text{IP}}}{\sigma}. \quad (10)$$

Logaritmovanjem jednačine (9) dobija se:

$$N \ln[0.5 + \Phi(x)] = \ln P_{\text{TP}}(t), \quad (11)$$

a zatim

$$\Phi(x) = [P_{\text{TP}}(t)]^{\frac{1}{N}} - 0.5. \quad (12)$$

Određivanjem vrednosti funkcije $\Phi(x)$ izračunava se korišćenjem odgovarajućih tabela.

Veličina T_{IP} izračunava se pomoću jednačine (10):

$$T_{\text{IP}} = T_{\text{CP}} - x\sigma. \quad (13)$$

Zavisnost x od N , za različite nivoe $P_{\text{TP}}(t)$, određuje se primenom određenih dijagrama. Ovaj metod ima sledeći nedostatak: Mala preciznost, jer su režimi na kojima delovi rade različiti, a to se ne uzima u obzir u svim slučajevima.

Prognoziranje, primenom jedne ili druge metode, moguće je ako su zadovoljeni sledeći uslovi: Svestranom analizom proučen je statistički proces menjanja fizičko-hemijske strukture delova sa vremenom; Na osnovu obrade obimnog statističkog materijala utvrđeni su parametri prognoziranja, izlazni ili uopšteni parametri posredno povezani sa procesom starenja; Izračunat je prosečni vek trajanja delova u realnim uslovima korišćenja; Posedujemo uređaj za merenje prognozirajućih parametara koji je dovoljno precizan, osetljiv da može obezbediti preventivna ispitivanja sa potrebnom tačnošću.

ZAKLJUČAK

Efikasan metod sprečavanja otkaza jeste prognoziranje pojave otkaza. Suština prognoziranja otkaza sastoji se u tome što se neispravni elementi otkrivaju pre otkaza pa se zamenuju ili popravljaju. Elementi kod kojih se može prekontrolisati fizičko-hemijska struktura, što znači da se može pratiti stanje prognozirajućeg, a sa njim i posredno povezan izlazni parametar, podvrgavaju se „instrumentalnoj“ prognozi. Kada

nema prognozirajućeg parametra neispravni elementi se otkrivaju statističkim metodama prognoziranja.

Danas su u upotrebi sledeći pravci instrumentalne prognoze: Po menjanju prognozirajućeg parametra dela; Prema menjanju izlaznog parametra uređaja; Na osnovu menjanja uopštenog parametra uređaja.

Osnovne metode prognoziranja otkaza delova vozila, koje se koriste za otkrivanje neispravnih njegovih delova, su: Prognoziranje otkaza delova vozila na osnovu promene prognozirajućeg parametra; Prognoziranje otkaza na osnovu promene izlaznog dijagnostičkog parametra u normalnim uslovima korišćenja; Prognoziranje otkaza delova vozila na osnovu promene uopštenog parametra; Statističke metode prognoziranja.

Instrumentalne metode prognoziranja omogućuju otkrivanje otkaza koji se mogu sprečiti, sa verovatnoćom koja zavisi od kvaliteta opreme za prognoziranje (tačnosti merenja prognozirajućeg parametra) i pouzdanosti prognozirajućeg parametra, uslovljrenom stepenom saglasnosti izmerenog parametra i intenziteta merenja strukturnog parametra delova vozila sa vremenom. Prikupljanje podataka o karakteru promena strukture materijala i delova, pod uticajem različitih faktora, može omogućiti instrumentalno prognoziranje i onih otkaza za koje još ne postoji prognozirajući parametar.

Metodologija izložena u ovom radu može se koristiti za sve tehničke sisteme, a ne samo u oblasti vozila.

LITERATURA

- [1] B. Krstić (1998): Dijagnostika tehničkog stanja i predviđanje životnog veka motornih vozila, Zbornik radova sa IV Simpozijuma sa međunarodnim učešćem "Prevencija saobraćajnih nezgoda na putevima 98'", Novi Sad, str. 339 – 345
- [2] B. Krstić (2006): Determination of the optimal strategy for maintenance the clutch motor vehicle, Zbornik radova sa Internacionalnog kongresa "MVT'06", Rumunija.
- [3] B. Krstić (2005): Analysis of the reliability of the motor vehicle brakes bands and determination the optimal periodicity for their preventive maintenance, 2nd International Conference ICMN'05, Kassandra-Chalkidiki, Grece.
- [4] B. Krstić (2005): Determination of the optimal strategy for preventive maintenance of high pressure pumps vehicles, Balkanrib'05, Kragujevac.
- [5] B. Krstić (2003): Determination of the optimal strategy for preventive maintenance the motor engine using policriterion optimization, International Journal for Vehicle Mechanics, Engines and Transportation Systems, Mobility Vehicles Mechanics, Volume 29, Number 4.

POSSIBILITY PREDICTION OF OPTIMAL MOTOR VEHICLES RESOURCES

Božidar Krstić¹, Ivan Krstić², Vojislav Krstić³

¹*Faculty of Mechanical Engineering Kragujevac, ²Faculty of Technical Science
K. Mitrovica, ³ Faculty of Transport and Traffic Engineering, Belgrade*

Abstract: By systematic observing the systems of armament and motor vehicle in their exploitation, and by analyzing the observed malfunctions and factors that influence their

occurrence can be created a substantial data basis. By processing these data, with the application of the theory of reliability, can be obtained parameters necessary for designing the new and maintenance of existing motor vehicles.

Key words: *maintenance, motor vehicle, prediction, service*



UDK: 631.312.42

UTICAJ USLOVA EKSPLOATACIJE TRAKTORA NA NJEGOVU POUZDANOST I RADNI VEK

**Zoran Mileusnić, Dragan Petrović, Rajko Miodragović,
Aleksandra Dimitrijević**

Poljoprivredni fakultet, Institut za poljoprivrednu tehniku - Zemun

Sadržaj: U radu je analiziran uticaj uslova eksplatacije na pouzdanost i radni vek traktora tipa Massey-Ferguson 8160. Eksperimentalni podaci su prikupljeni praćenjem eksplatacionih parametara, kvarova i održavanja traktora u toku celokupnog radnog veka na poljima u Republici Srbiji. Time su obezbeđeni relevantni podaci koji predstavljaju polaznu osnovu za procenu eksplatacionog veka posmatranih tipova traktora. Pored toga, na osnovu baze podataka formirane prikupljanjem podataka sa terena, uočene su moguće greške u eksplataciji traktora i analiziran njihov uticaj na radni vek mašine.

Ključne reči: uslovi eksplatacije, traktor, eksplatacioni vek, generalni remont.

UVOD

Uslovi eksplatacije traktora mogu varirati u veoma širokom dijapazonu, pa je njihov uticaj na pouzdanost traktora teško proceniti sa željenom tačnošću (Božić i Mileusnić 2005). U ovom radu je razmatran uticaj eksplatacionih uslova na pouzdanost traktora, u toku celokupnog radnog veka na poljima u Republici Srbiji. Informacije ovoga tipa predstavljaju polaznu osnovu za definisanje parametara koji značajno utiču na vek eksplatacije traktora. U procesu konstruisanja teško je tačno odrediti sve relevantne faktore, po vrsti i intenzitetu, što je neophodno za postizanje visoke bazne pouzdanosti, kao uslova za visoku eksplatacionalnu pouzdanost traktora. Još teže je simulirati režime koji odgovaraju stvarnim uslovima eksplatacije, koji uvek sadrže i stohastičke (nepredvidive) elemente. Zbog toga se pri konstrukciji uzimaju u obzir samo tipični uslovi eksplatacije. Oni obuhvataju uticaje najvećeg broja stvarnih uslova. Međutim, u izvesnom broju slučajeva, iz raznih razloga, stvarni uslovi eksplatacije značajno odstupaju od pretpostavljenih. Stoga dolazi do značajnog odstupanja stvarnog režima rada traktora od pretpostavljenog, često u vidu povećanog opterećenja i habanja delova traktora.

Poljoprivredni sistemi, a stoga i traktori kao njihova okosnica, zahtevaju detaljno planiranje i kontrolu relevantnih bioloških i tehničko-tehnoloških procesa (*Mileusnić i sar 2010*). Adekvatna baza podataka za ovakve analize predstavlja polaznu osnovu za odlučivanje, posebno u pogledu obnove i održavanja mašinskog parka (*Mileusnić i sar 1995*). Brz razvoj digitalnih računara u poslednjih nekoliko decenija, zajedno sa odgovarajućim softverom i hardverom, omogućio je primenu napredne tehnologije zasnovane na matematičkom modeliranju i simulaciji (*Dajer i Desjardins 2003, Petrović i sar 2007, itd.*). *Petrović i saradnici (2010)* su formulisali model funkciju koja omogućava procenu nivoa pouzdanosti i dužine radnog veka motora traktora MF-8160.

Cilj ovoga rada je da se na osnovu podataka koji su dobijeni sa terena ukaže na moguće greške u eksploataciji traktora i njihov uticaj na radni vek mašine. Drugi cilj rada je da se relevantni podaci uporede sa modelom definisanim ASAE standardima i analiziraju eventualne razlike.

MATERIJAL I METOD RADA

Saglasno postavljenom cilju, predmet istraživanja je traktor točkaš 4x4 S MF-8160 (slika 1). Ispitivani su sledeći pokazatelji:

- sila vuče na poteznici;
- brzina kretanja;
- klizanje;
- koeficijent korisnog dejstva traktora;
- časovna potrošnja goriva;
- potrošnja goriva po jedinici površine.

Vučni otpori su izmereni dinamografom *Alfred-Amsler & Co Schaffhausen* (Schweiz No 239, Presstopf 288/278). Potencijalna karakteristika traktora je proračunata pomoću odgovarajućih eksperimentalno određenih koeficijenata na poljoprivrednom zemljištu (koeficijent korisnog dejstva, koeficijent adhezije, klizanje).

U ispitivani traktor, ugraden je 7,36 litarski motor Valmet 637 DS. Zahvaljujući rezervi obrtnog momenta od 40 %, traktor je u stanju da ispunjava sve zahteve koji se od njega očekuju pri izvođenju najtežih agrotehničkih operacija u poljoprivredi. Poseduje sistem napajanja gorivom koji zadovoljava propise o emisiji izduvnih gasova. Rad motora je elektronski kontrolisan. Ukupna masa traktora je 11500 kg, maksimalno dozvoljeno maseno opterećenje zadnjeg mosta 7200 kg, a prednjeg 4000 kg. U tabeli 1 date su tehničke karakteristike navedenog traktora. Opremljen je prednjim pneumaticima 480/70 R30, a pozadi je imao pneumatike 620/70 R42. Prema DLG profi testu 2/96 (1997), koji je u skladu sa OECD izveštajem, maksimalna snaga merena na priključnom vratilu je 140,4 kW pri 2000 o/min motora, sa časovnom potrošnjom goriva od 41,3 l/h i specifičnom potrošnjom goriva traktora od 248 g/kWh (ECE-R24). Maksimalni obrtni moment motora je 844 Nm, pri broju obrtaja motora od 1200 o/min. Menjač posluje inverzor od 32/32 stepeni prenosa. Podizni mehanizam je kategorije II/III, sa podiznom moći od 7000 daN.

Tab. 1. Tehničke karakteristike traktora Massey-Ferguson 8160

Tehničke karakteristike	Massey-Ferguson 8160
Tip traktora	4WD
Tip motora	Valmet 637 DS
Snaga motora [kW]	147
Nominalni broj obrtaja motora [min^{-1}]	2200
Broj obrtaja motora pri max snazi [min^{-1}]	2000
$M_{\max}/n_{M\max}$ Nm/ min^{-1}	844/1200
Spec. ef. Potrošnja goriva [g/kWh]	267
Broj stepeni prenosa napred/nazad	32/32
Hodni sistem	točkovi
- napred	480/70-30
- nazad	620/70-42
Dimenzije traktora: [mm]	
- dužina	5610
- širina	2480
Energetska snabdevenost u odnosu na konst. Masu [kW/t]	18,56
Specifična masa bez balasta [kg/kW]	53,87
Specifična masa sa balastom [kg/kW]	76,19
Nivo buke u kabini [dB] (A)	79,5



Sl.1. Traktor Massey-Ferguson 8160 u radni operacijama na poljima PKB-a

REZULTATI I DISKUSIJA

Potencijalne karakteristike traktora Massey-Ferguson 8160, na strnjici sa i bez balasta, prikazane su u tabelama 2 i 3, kao i na slici 2.

Tab.2. Potencijalne vučne karakteristike traktora Massey-Ferguson 816 bez balasta [8]

Pv[kW]	Fv[kN]	v[km/h]	λ[%]	Q[l/h]	q[g/kWh]	η _T [-]	φ[-]
76,88	44,90	6,16	26,99	41,49	448	0,523	0,578
87,02	38,84	8,06	20,89	40,25	384	0,592	0,500
91,73	38,38	8,60	19,58	42,43	379	0,624	0,494
93,20	34,11	9,83	15,72	43,11	384	0,634	0,439
94,81	33,25	10,26	15,06	42,73	374	0,645	0,428
95,70	31,23	11,03	12,06	41,62	361	0,651	0,402
94,23	29,29	11,58	9,46	44,27	390	0,641	0,372
90,55	24,63	13,23	8,28	44,07	404	0,616	0,317
86,44	19,89	15,64	5,43	43,53	418	0,588	0,256

Ovaj traktor, pri ostvarenom maksimalnom koeficijentu korisnog dejstva od 0,651 i koeficijentu adhezije od 0,402, raspolaže silom vuče od 31,23 kN. Može da ostvari brzinu kretanja od 11,03 km/h. Snaga na poteznici ima vrednost 95,70 kW i u tom radnom režimu traktor ima specifičnu efektivnu potrošnju goriva od 361 g/kWh i časovnu potrošnju goriva 41,62 l/h. U eksplatacionom opsegu brzina, traktor ima 5 stepeni prenosa. Masa traktora bez balasta je 7920 kg sa rasporedom od 45 % mase na prednjem i 55 % mase na zadnjem mostu. Specifična masa je 53,87 kg/kW.

Tab.3. Potencijalne vučne karakteristike traktora Massey-Ferguson 816 sa balastom [8]

Pv[kW]	Fv[kN]	v[km/h]	λ[%]	Q[l/h]	q[g/kWh]	η _T [-]	φ[-]
77,91	64,71	4,33	24,67	41,49	442	0,530	0,589
88,20	55,92	5,68	19,09	40,27	379	0,600	0,509
92,90	55,37	6,04	17,89	41,97	375	0,632	0,504
94,52	49,11	6,93	14,36	43,16	379	0,643	0,447
95,99	47,90	7,21	13,76	42,79	370	0,653	0,436
96,87	45,05	7,74	11,03	41,66	357	0,659	0,410
95,55	42,19	8,07	10,35	44,32	385	0,650	0,384
91,73	35,49	9,30	7,57	44,09	399	0,624	0,323
87,61	28,67	11,00	4,96	43,48	412	0,596	0,261

Na osnovu podataka iz 9 nezavisnih eksperimenata, obavljenih na različitim farmama i uslovima, analizirana je zavisnost između snage na poteznici kao zavisne promenljive i sile vuče kao nezavisne promenljive. Između većeg broja ocenjenih regresionih modela izabrana je kvadratna parabolična model funkcija:

$$y = 17,18573 + 5,112648x - 0,08413x^2 \quad [1]$$

Ocenjeni regresioni model je vrlo značajan ($R=0,976$, $F=60,646$, $P<0,01$). Ocenjeni koeficijenti $\beta_1 = 5,112648$ ($t=9,416 P<0,01$) i $\beta_2 = -0,08413$ ($t=-10,065 P<0,01$) su vrlo značajni. Analizom modela dobija se intenzitet optimalne sile vuče od 30,38 kN, uz maksimalnu snagu na poteznici 94,86 kW. Rezultat pokazuje usklađenost empirijskih podataka sa teorijski dobijenim maksimumom model funkcije.

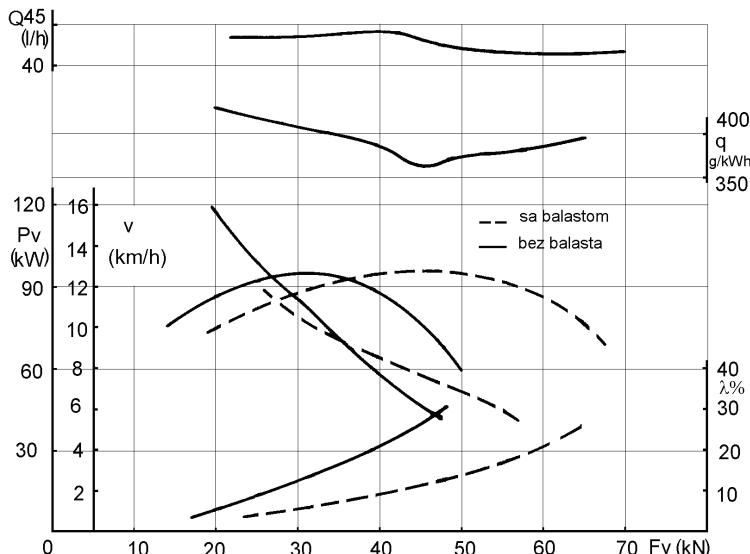
Dodavanjem balasta traktoru, do 11200 kg, koeficijent korisnog dejstva na istoj podlozi (strnjici) se samo neznatno promenio, te je i snaga na poteznici ostala praktično nepromenjena. Dobijena je sila vuće 45,05 kN, uz brzinu kretanja od 7,74 km/h i klizanje 11,03 %. Traktor i sa balastom u eksploracionom dijapazonu ima 5 stepeni prenosa.

Analizirajući tabele 2 i 3 može se konstatovati da traktor u eksploracionom opsegu brzina raspolaže sa silom vuće od 29,29 kN do 55,37 kN.

Na osnovu podataka iz 9 nezavisnih eksperimenata, u okviru kojih je traktor ispitana sa balastom, analizirana je zavisnost između snage na poteznici, kao zavisne promenljive i sile vuće kao nezavisne promenljive. Između većeg broja ocenjenih regresionih modela izabrana je kvadratna parabolična model funkcija:

$$y = 17,64865 + 3,583563x - 0,04092x^2 \quad [2]$$

Ocenjeni regresioni model je vrlo značajan ($R=0,976$, $F=61,154$, $P<0,01$). Ocenjeni koeficijenti $\beta_1 = 3,583563$ ($t=9,448 P<0,01$) i $\beta_2 = -0,04092$ ($t=-10,101 P<0,01$) su vrlo značajni. Analizom modela dobija se da optimalna sila vuće iznosi 43,78 kN, uz maksimalnu snagu na poteznici 97,25 kW. Rezultat pokazuje usklađenost empirijskih podataka sa teorijski dobijenim maksimumom model funkcije.



Sl.2. Potencijalne vučne karakteristike traktora Massey-Ferguson 8160 sa i bez balasta na strnjici

Pored potencijalne vučne karakteristike, u radu su analizirani i energetski parametri rada, tj. časovna potrošnja goriva, potrošnja goriva po jedinici površine, utošak energije po jedinici površine i po litru goriva. Ove veličine su posmatrane preko vučnih karakteristika i sposobnosti traktora u konkretnim operacijama obrade zemljišta i to na različitim lokacijama i pri različitim radnim uslovima.

Karakteristike traktora Massey-Ferguson 8160 ispitane su u osnovnoj obradi zemljišta u klimatsko zemljišnim uslovima PKB-a. U tabeli 4 prikazani su parametri rada traktora i postignute dubine obrade i širine radnog zahvata u operaciji oranja sa plugom "Tigar III H".

Tab.4. Parametri rada TMA u oranju sa plugom "Tigar III H" [8]

R.b.	Pv[kW]	Fv[kN]	v[km/h]	λ [%]	Q[l/h]	Q _{ha} [l/ha]	W _h [ha/h]	E _{ha} [kWh/ha]
1.	68,64	44,28	5,58	18,50	30,00	51,90	0,578	118,75
2.	68,04	42,65	5,14	26,70	33,00	62,50	0,528	128,86
3.	69,90	50,94	4,94	26,68	33,00	65,60	0,503	138,96
4.	70,34	56,27	4,50	32,40	34,00	74,07	0,459	153,24
5.	66,40	57,60	4,15	42,48	33,00	78,75	0,419	158,47
pro.	68,66	50,14	4,92	29,35	32,60	66,56	0,497	139,65

Dubina obrade direktno utiče na povećanje potrošnje goriva po jedinici površine oranice, sa prosečnom vrednošću od 66,56 l/ha u konkretnom slučaju. I pored pozitivnih efekata po zemljište, mora se biti obazriv iz više razloga, a posebno zbog radnog režima traktora koji u ovom slučaju radi van svog eksploatacionog opsega u pogledu sile vuče. Izmerena masa traktora u trenutku obavljanja ove operacije je 9500 kg, što rezultira nazivnom silom vuče od 38,2 kN, a uz koeficijent korisnosti od 0,65 snaga na poteznici je 95,55 kW. Iz tabela 2 i 3 se vidi da traktor radi znatno ispod granice ekonomičnosti, jer je u ovim uslovima maksimalni koeficijent korisnosti svega 0,478 i za 13,8 % je ispod donje granice radnog opsega. Procenat klizanja je visok i iznosi i 32,4 %, što ima za posledicu veliku potrošnju snage na klizanje, od 42,8 kW. Iz navedenog sledi da agregat, koji čine traktor Massey-Ferguson 816 i plug Tigar III H, ne može zadovoljiti kriterijume optimalnih režima rada. Radna brzina u ovoj operaciji se kreće od 4,15 km/h-5,58 km/h, a iz tabela 2 i 3 se vidi da one izlaze van eksploatacionog dijapazona i da je granična vrednost brzine koja zadovoljava kriterijume efikasnog rada 6,04 km/h. Sve ovo ukazuje da uslovi eksploatacije direktno utiču na skraćenje eksploatacionog veka traktora.

U svom amortizacionom veku, traktori viših kategorija zastupljeni na dobro organizovanim imanjima ostvare 16000 h rada, a negde i 20000 h. Dakle godišnje u prosjeku i do 2000 h, odnosno 2500 h rada.

Proizvodnost predstavlja obim posla koji mašina može obaviti za vreme od jednog sata uz odgovarajuću efikasnost i pouzdanost. Pouzdanost je najjednostavnije rečeno, mogućnost traktorsko-mašinskog agregata da radi bez kvarova u okviru svojih performansi, a meri se vremenom bezotkaznog rada. Efikasnost rada mašine je odnos između produktivnosti mašine u poljskim uslovima i teorijske maksimalne produktivnosti (ASAE D 497.4 i 497.6). Efikasnost u poljskim uslovima obuhvata propuste u korišćenju radnog zahvata mašine, vreme izgubljeno zbog sposobnosti samog operatera, njegovih navika kao i karakteristike samog polja (tabela 5).

Tab.5. Efikasnost, radna brzina i faktori popravke po ASAE D497.4 i ASAE D497.6

Mašina	Efikasnost (%)		Radna brzina		Vek upotrebe	Ukupno opravke [%]	Fakt. popravke	
	režim	tipično	režim	tipično			RF ₁	RF ₂
<i>ASAE D497.4</i>								
traktor 4x2	-	-	-	-	10000	100	0,01	2,0
traktor 4x4	-	-	-	-	10000	100	0,01	2,0
<i>ASAE D497.6</i>								
traktor 4x2	-	-	-	-	12000	100	0,007	2,0
traktor 4x4	-	-	-	-	16000	80	0,003	2,0

Resurs generalnog remonta varira od proizvođača do proizvođača i nije isti za pojedine agregate traktora. Proizvođači motora kao što su CUMMINS i DAIMLER-BENZ garantuju vek do generalnog remonta od 16000-20000 h rada. No ako se za osnovu uzme elitni proizvođač na polju transmisije ZF, koji garantuje vek do generalnog remonta svojih menjачa i pogonskih mostova do 10000 h rada, onda se može zaključiti da je u amortizacionom veku znatno veće učešće reparacije transmisije. Odnos je skoro dve reparacije transmisije na jedan generalni remont motora. Starosnu strukturu traktorskog parka definiše obim finansijskih ulaganja, koja su utoliko veća ukoliko je traktor bliži generalnoj opravci.

Tab.6. Vreme do prvog generalnog remonta traktora MF-8160[11]

Redni broj	Naziv preduzeća	Mesto	Broj traktora	Generalni remont motora
1.	Hajdučica A.D	Hajdučica	3	oko 11.000 r.s na 2 traktora
2.	Veljko Lukić-Kurjak	Lukićev	1	oko 12.000 r.s
3.	P.P Feketić A.D	Feketić	2	
4.	Biostar d.o.o	Vojvoda Stepa	1	oko 14.000 r.s
5.	Žitko A.D	Bačka Topola	5	
6.	Krivaja A.D	Krivaja	2	
7.	V.U Karadordjevo	Karadordjevo	5	oko 12.000 r.s na dva traktora
8.	AgroRuma	Ruma	4	oko 4.000 r.s na jednom traktoru, uzrok loše gorivo
9.		Stapar	1	oko 12.000 r.s
10.	Hercegovina A.D	Ravni Topolovac	2	oko 10.500 r.s
11.	Mala Bosna A.D	Mala Bosna	2	oko 13.000 r.s na jednom traktoru
12.	Ratarstvo A.D	Skorenovac	2	oko 11.000 r.s na oba traktora
13.	Dragan Marković	Obrenovac	3	-
14.		Negotin	2	-
15.	P.P Čoka	Čoka	10	traktori bili raspoređeni na imanjima u Vrbici (4kom.), Padeju (4kom.) i Ostojićevu (2 kom.)
16.		Ridica	1	oko 12.500 r.s
17.	A.D Doža Đerd	Bačka Topola	2	oko 13.000 r.s na oba traktora
18.	Graničar A.D	Dala	1	oko 13.000 r.s
19.	PKB Beograd	Beograd	30	5500-11500
20.	Mitrosrem A. D	Sremska Mitrovica	5	8200-9600

Konkretni rezultati nakon desetak godina eksploatacije i radnog iskustva sa traktorom MF-8160 prikazani su u tabeli 6. U tabeli je dat kratak prikaz vremena rada traktora do prvog generalnog remonta za 84 traktora ovog renomiranog proizvođača.

Iz priloženog se da videti da su oscilacije veka eksploatacije traktora, uslovljene vremenom do prvog generalnog remonta motora, veoma izražene. One idu od 4000 moto sati rada, pa do 13000 u odabranom uzorku, s tim da je prosečna dužina radnog veka traktora odabranog uzorka 9602 moto sata rada. Uzroci ove disperzije su već nabrojani. Ilustracije radi, može se navesti da je za uslove PKB korporacije prosečan vek motora traktora do prvog remonta bio oko 8000 moto-sati rada. Analizirajući tabelu 4, može se zaključiti da je jedan od značajnijih uzroka ovome bila neadekvatna eksploatacija traktora zbog klasičnog «preopterećenja». U uslovima «Agro Rume», dominirajući uzrok kratkom veku eksploatacije je bilo loše ili neadekvatno gorivo i mazivo, kao i tehničko održavanje. Uporedivanjem parametara iz tabele 5, definisane *ASAE D497.4 i ASAE D497.6* standardima, može se zaključiti da stanje na terenu gotovo u potpunosti odgovara standardu *ASAE D497.4*.

ZAKLJUČAK

Na osnovu eksploatacionih ispitivanja nije moguće tačno odrediti eksploatacionu pouzdanost i vek eksploatacije nekog elementa u konstrukciji traktora, već samo napraviti procenu za tačno definisane uslove eksploatacije.

Iz priloženog sledi da ASAE, za poznate uslove eksploatacije i definisane radne režime, sa velikom verovatnoćom projektuje radni vek mašina u eksploataciji.

Na osnovu sredene evidencije moguće je napraviti model kojim se tačno može sprečiti kvar pravovremenim periodičnim održavanjem mašina, odnosno zamenom najslabije karike u nizu delova – konstruktivnih elemenata traktora.

Motor traktora MF-8160, u uslovima poljoprivredne proizvodnje u Republici Srbiji, pokazao je vrlo zavidne rezultate po pitanju pouzdanosti, sigurnosti i vremenskoj dužini eksploatacije.

Radni režim traktora je od velike važnosti, jer se usled neadekvatne eksploatacije značajno snižava njegov eksploatacioni vek. Primera radi, u uslovima PKB korporacije, prvi neželjeni efekti uzrokovani radnim režimom primećeni su posle 1500 moto sati eksploatacije traktora.

LITERATURA

- [1] ASAE, Agricultural Machinery Management Data, Agricultural Engineering Yearbook 1971, p. 287–294. ASAE D230-2, St. Joseph, Michigan, 1971.
- [2] ASAE, Standard Agricultural Machinery Management Data, pp. 372–380. ASAE D497-4 MAR99, 2003.
- [3] ASAE, Agricultural Machinery Management Data, American Society of Agricultural and Biological engineers pp. 339–346. ASAE D497-6 jun 2009.
- [4] Božić, S., Mileusnić, Z.: (2005) Analiza uticaja uslova eksploatacije traktora na njegovu pouzdanost, Poljoprivredna tehnika broj 2, str. 95-104, Beograd

- [5] Dyer J. A, Desjardins R. L. (2003): Simulated farm fieldwork, energy consumption and related greenhouse gas emissions in Canada. Biosystems Engineering 85(4), pp. 503–13
- [6] Mileusnić I. Z., Petrović V. D., Đević S. M. (2010): Comparison of Tillage Systems According to Fuel Consumption. Energy 35, pp. 221–228.
- [7] Mileusnić, Z., Radojević, R., Živanović, Č., Drljević,M.(1995)-Primena savremenih metoda analize poslovanja sredstvima mehanizacije, Poljotehnika 5/6 godina III.. str 94-98. DPT-95 Beograd.
- [8] Mileusnić, Z.: (2001) Energetski potencijal savremenih traktora točkaša kategorije 40 kN, Magistarska teza, Poljoprivredni fakultet Beograd 3.10.2001.g.
- [9] Petrović D., Miodragović R., Mileusnić Z. (2007): Combines Stability. 35th International Symposium Actual Problems of Agricultural Mechanization, Opatia, Croatia, 19-23th february, Proceedings, pp. 147-155, 2007
- [10] Petrović V. D., Božić S., Vosika M. Z., Radojević L. R. (2010): On The Working Lifetime Of Tractor's Engine. International Conference "Life Cycle Engineering and Management - ICDQM 2010. Belgrade, Serbia, 29-30
- [11] Deutsche Landwirtschafts Gesellschaft e. V. (1997)–Geprufte Acker- Schlepper, DLG-profi test Heft Nr 11/96
- [12] Arhiva kompanije Masferg Agro doo Novi Sad

Rezultati istraživačkog rada nastali su zahvaljujući finansiranju Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj, Republike Srbije, Projekat "Unapređenje i očuvanje poljoprivrednih resursa u funkciji racionalnog korišćenja energije i kvaliteta poljoprivredne proizvodnje", evidencionog broja TP 20076, od 1.04.2010

THE INFLUENCE OF EXPLOITATION CONDITIONS OF TRACTOR TO THEIR RELIABILITY AND LIFETIME

Zoran Mileusnić, Dragan Petrović, Rajko Miodragović, Aleksandra Dimitrijević

Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Engineering - Zemun

Summary: The influence of operational conditions on the reliability and tractor Massey-Ferguson 8160 service life is analyzed in the work. Experimental data have been provided by acquiring the operational parameters, malfunction details and tractor maintenance and repairment data, during the whole service life of the machines employed in the farms in Republic of Serbia. This way, relevant data base has been formulated, enabling tractor reliability and service live estimation. In addition, possible errors in tractor exploitation are evidenced, and their influence on the tractor reliability and service life is analyzed.

Key words: *operational conditions, tractor, service life, general overhaul.*



UDK: 631.372:669-8

POKAZATELJI AKTIVNE BEZBEDNOSTI POLJOPRIVREDNIH VOZILA

Rajko Radonjić, Aleksandra Janković, Đorđe Antonijević

Mašinski fakultet - Kragujevac

Sadržaj: U ovom radu su diskutovani problemi aktivne bezbednosti poljoprivrednih vozila. Parametri aktivne bezbednosti su definisani sa aspekta stabilnosti i upravljaljivosti vozila. U ovom smislu, razvijen je model sprega vozila za proučavanje odgovora sistema. Određene su ugaone brzine zaokretanja dva spregnuta vozila, traktora i prikolice, zatim, ugao skretanja traktora, i ugao između prikolice i traktora, pri naglom zaokretanju točka upravljača. Rezultati su prikazani i diskutovani kao baza za razvoj kriterijuma procene aktivne bezbednosti vozila.

Ključne reči: traktor, prikolica, aktivna bezbednost, model, simulacija

UVOD

Osnovni zahtevi korišćenja poljoprivrednih vozila i mašina oduvek su bili povećanje radnog učinka i mobilnosti uz očuvanje karakteristika tla i bezbedan rad. Pojam bezbedan rad odnosi se kako na slučaj obavljanja poljoprivrednih operacija tako i na transportne zadatke na terenu i u drumskom saobraćaju. Uopšte posmatrano, pitanja bezbednosti poljoprivredne mehanizacije mogu se svrstati u četiri kategorije: a/ aktivna, b/ pasivna, c/ kondiciona, e/ ekološka bezbednost, [1]. Aktivna bezbednost podrazumeava sve one mere preduzete u fazama projektovanja, realizacije, korišćenja vozila i mašina u smislu formiranja njihovih potencijalnih svojstava koja će doprineti sprečavanju nezgoda pri radu, [2], [3].

Dobri pokazatelji pasivne bezbednosti, pomenutih vozila, deluju u smislu smanjenja posledica nastalih nezgoda pri radnim i transportnim zadacima uz maksimalnu zaštitu ljudskog faktora i materijalnih dobara. Kondiciona bezbednost definiše zahteve uslova rada ljudskog faktora u pogledu brojnih faktora, kao što su vibracije, buka, vlažnost, toplotne promene itd. Konačno, ekološka bezbednost obuhvata zaštitu bližeg i daljeg okruženja u pogledu opterećenja tla, emisije buke i štetnih produkata radnih procesa.

Cilj ovog rada je isticanje problema aktivne bezbednosti poljoprivrednih traktora i odgovarajućih priključaka, definisanje odgovarajućih pokazatelia, njihovo određivanje i analiza.

UTICAJNI FAKTORI I KARAKTERISTIČNE SPREGE VOZILA

Za korišćenje traktora i drugih samohodnih mašina u poljoprivredi karakteristično je to da rade najčešće na nepovoljnim terenima različitog reljefa i karakteristika tla. Da su spregnuti sa radnim priključcima za obavljanje različitih operacija u određenom opsegu izmene brzine kretanja i pri tome zahtevaju dodatne mase u vidu balasta, protiv tereta i slično. Pri tome, položaj centra masa vozila, tako zvani centar gravitacije, kao pokazatelj poduzne i bočne stabilnosti, menja se sa promenom tereta i njegove visine, nagiba terena, režima zaokretanja u kombinaciji sa brzinom kretanja. Svi ovi faktori pojedinačno i u mogućim kombinacijama, deluju nepovoljno na stabilnost formiranih radnih skupova i u krajnjem rezultatu na nivo njihove bezbednosti, [5].

Imajući u vidu različite uslove, moguće režime rada i kretanja, kao i brojne kombinacije vučnog vozila i određenog priključka, može se zaključiti da fabrički optimirana varijanta vučnog vozila – traktora ili njegove kombinacije sa određenim priključkom, radnim ili transportnim ne znači i rešenje svih mogućih slučajeva koji se mogu sresti u praksi. Ovo tim pre, što uz uticaje usled sprezanja traktora sa implementima, različite veličine, oblika, mase, radnog principa, zatim karakteristika terena, izabrane brzine kretanja, može se očekivati i greška ljudskog faktora, kao operatora – rukovaoca.

Polazeći od gore nabrojanih uticajnih faktora u ovom radu smo nastojali, da problem aktivne bezbednosti poljoprivrednih vozila, više rasvetlimo sa aspekta kombinacije načina promene pravca kretanja sa promenom brzine kretanja pri obavljanju transportnih zadataka.

DINAMIČKE KARAKTERISTIKE VOZILA

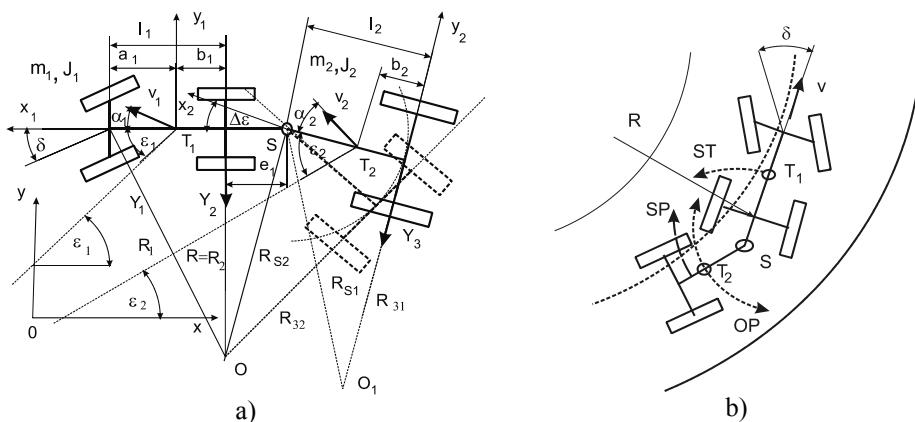
Za analizu dinamičkih karakteristika vozila korišćen je šematski prikaz odgovarajućeg modela na sl. 1. Kao što se vidi, dvo-osovinski traktor i jedno-osovinska prikolica spojeni su zglobnom vezom, na sl. 1, prikazanom tačkom S. Položaj vozila definisan je u koordinatnom sistemu, xoy, a u centrima masa T_1 , T_2 , postavljeni su pokretni koordinatni sistemi, $x_1T_1y_1$, $x_2T_2y_2$.

U opštem slučaju krivolinijskog kretanja, zavisno od uslova i radnih režima, mogu se definisati sledeća stanja: 1/ stacionarno stanje zaokretanja, $R=R_2=\text{const}$, $v=v_1\cos\alpha_1=\text{const}$ – kružna vožnja, 2/ nestacionarno stanje zaokretanja, i to 2.1. $R=\text{const}$, $v\neq\text{const}$ – kružna vožnja, 2.2. $R\neq\text{const}$, $v=\text{const}$ – prelazna krivina, 2.3. $R\neq\text{const}$, $v\neq\text{const}$ – prelazna krivina. Pri tome je kao referentni poluprečnik zaokretanja sprega vozila usvojen poluprečnik putanje srednje zadnje osovine traktora, $R=R_2$, a referentna brzina kretanja je poduzna komponenta brzine traktora, $v=v_1\cos\alpha_1$.

Relacija, $\tan\delta=l_1/R$, prema sl. 1, dovodi u vezu promenu poluprečnika zaokretanja sprega vozila, R i ekivalentnog ugla zaokretanja prednjih točkova traktora, δ , uz pretpostavku bočno krutih točkova. U ovom smislu, uz moguće kombinacije, parametara, R , v , koji definišu krivolinijska stanja kretanja, gore prikazana, mogu se u analize uvesti i karakteristični zakoni zaokretanja upravljačkih točkova: 1/ tipična kratkotrajna i nagla dejstva na točak upravljača i to 1.1. impulsno, izazvano

kratkotrajnom pobudom, iznenadnom preprekom na putu, i slično, 1. 2. odskočna, step funkcija – karakteristična pri režimima promene saobraćajne trake, ulaska ili izlaska iz kružne krivine i slično, 2/ tipična dugotrajna i kontinualna dejstva na točak upravljača, dakle, zaokretanje prednjih točkova po određenom zakonu. Dva karakteristična primera, koja se koriste i pri ispitivanju vozila su zakon sinusne funkcije i slučajna funkcija.

Stabilna stanja krivolinijskog kretanja sprega vozila postižu se pri zahtevanim kinematskim i dinamičkim uslovima, pre svega pri zajedničkom trenutnom polu obrtanja, tačka O, na sl. 1, uz adekvatnu kombinaciju parametara, R, v, δ . Ovaj zahtev se može približno ispuniti pri kretanju u kružnoj krivini i uslovima, $R=\text{const}$, $v=\text{const}$. Svi ostali, gore navedeni primjeri kombinacije parametara kretanja, pri kojima postoji odstupanje položaja trenutnog pola obrtanja prikolice O_1 u odnosu na pol obrtanja traktora, O, definišu prelazne, nestacionarne režime i isti bitno utiču na aktivnu bezbednost posmatranog sprega vozila.

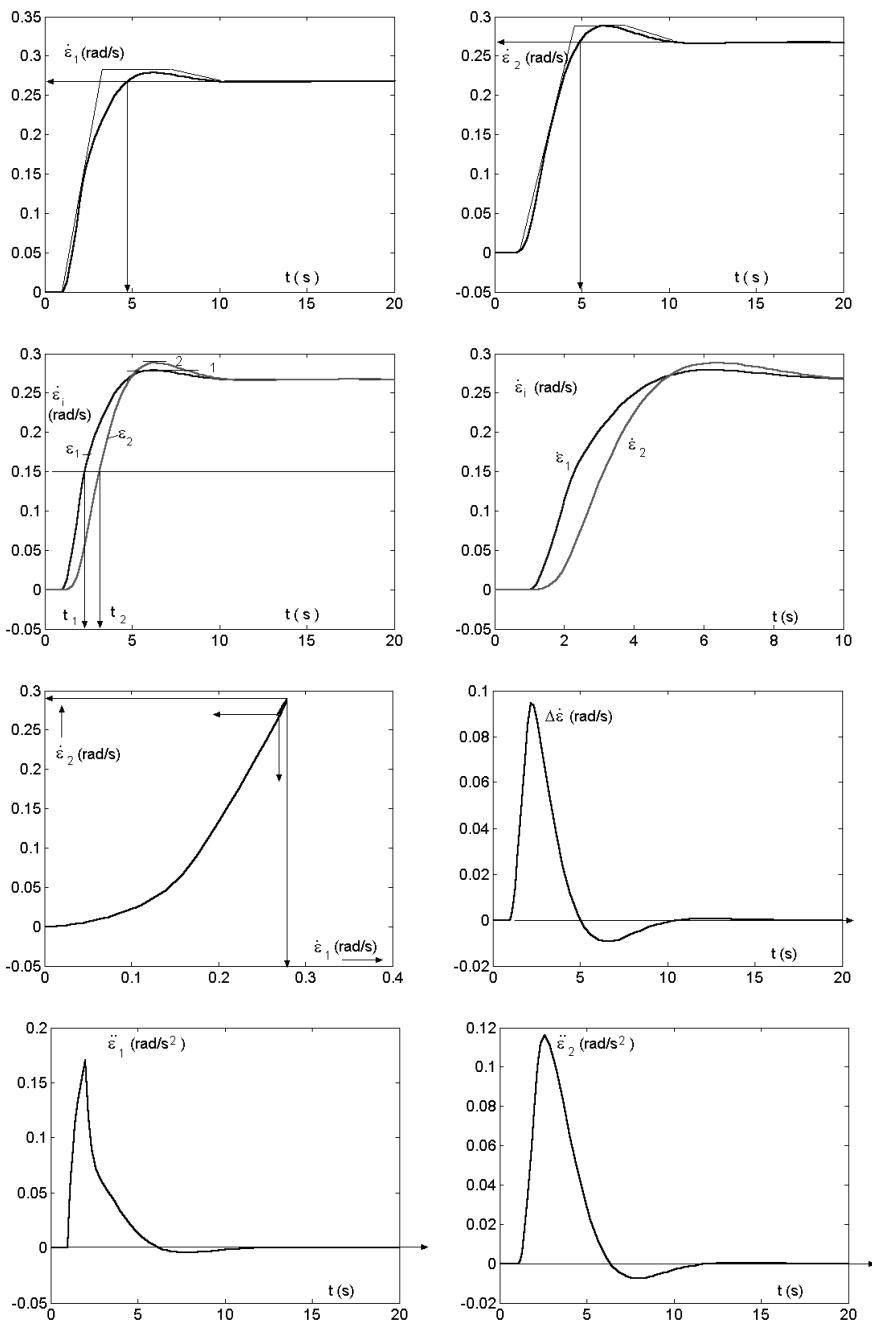


Sl. 1. a, b. Šematski prikaz kretanja traktora i prikolice u krivini.

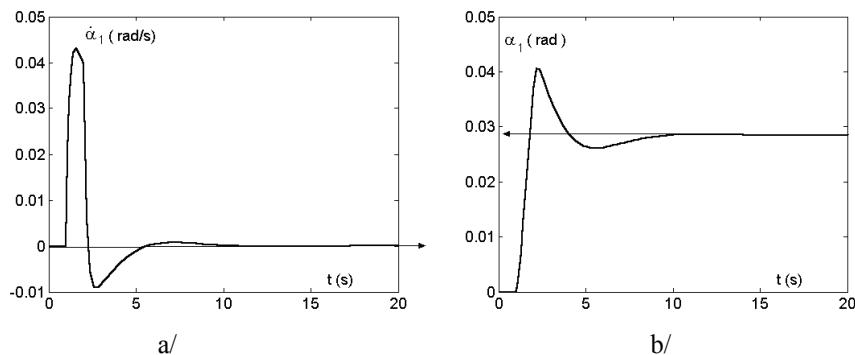
Karakteristična nestabilna stanja kretanja sprega vozila - traktora i prikolice, prikazana su na sl. 2, kako sledi prema oznakama, a/ nedozvoljeno ugaono i bočno odstupanje traktora, ST, b/ nedozvoljeno ugaono i bočno odstupanje prikolica, SP, c/ pojačane bočne oscilacije prikolice, OP. Ovim pojavama prekoračenja odstupanja i pojačanja prelaznih procesa treba dodati i veća fazna kašnjenja odgovora vozila u odnosu na dejstvo vozača preko komande upravljača, kao i mogućnost potpune blokade sprega vozila u krajnjim položajima koja može izazvati njihovo trenutno prevrtanje. Neke od nabrojanih pojava smo analizirali u ovom radu na osnovu rezultata simulacije karakterističnih režima kretanja.

REZULTATI

Na slikama 2 i 3, prikazani su rezultati simulacije kretanja traktora i prikolice odnosa masa 1.5, pri naglom zaokretanju upravljačkih točkova ugaonom brzinom 0.25 rad/s i pri brzini translatornog kretanja 25 km/h, [5].



Sl. 2. Pokazatelji prelaznih režima kretanja traktora i prikolice.



Sl. 3. Pokazatelji prelaznih režima kretanja traktora i prikolice, a/ ugaona brzina skretanja traktora, b/ ugao skretanja traktora.

Prikazi na sl. 2, s leva na desno i odozgo na dole, pokazuju vremenske promene ugaone brzine traktora i prikolice, kao prve izvode ugaonih koordinata, $\dot{\epsilon}_1$ i $\dot{\epsilon}_2$, označene na sl. 1, zatim, njihovo poređenje u intervalu 20 sekundi i intervalu 10 sekundi. Dalje je data, uzajamna zavisnost ovih ugaonih brzina i njihova razlika. I na kraju, odgovarajuća ugaona ubrzanja. Sa svih ovih prikaza evidentno je vremensko kašnjenje odgovora prikolice na dejstvo preko točka upravljača u odnosu na odgovor traktora, a osim toga i pojačane bočne oscilacije za vreme prelaznih režima kretanja. Takođe se sa prikaza može videti, da se nakon prelaznih režima, na primer, pri ulasku u krivinu, uspostavlja stabilno stacionarno stanje, za datu kombinaciju konstruktivnih parametara vozila, uslova i režima kretanja.

Na sl. 3, prikazane su vremenske promene ugaone brzine skretanja traktora i odgovarajućeg ugla, koji zaklapa vektor brzine sa podužnom osom, ugaona koordinata označena na sl. 1, sa α_1 . Ovaj pokazatelj prelaznih režima kretanja bitno zavisi od karakteristika ugrađenih pneumatika posmatranog sprega vozila, i utiče na odnose bočnog i ugaonog odstupanja vozila od zadate putanje kretanja. Prema prikazu na sl. 3 a, b, može se zaključiti, da se nakon prelaznog režima kretanja vozila, ustali vrednost ugla skretanja, α_1 , što znači vektor brzine zauzme konstantan položaj u odnosu na podužnu osu traktora, što je bitno za odnose stabilnog kretanja, [6].

Variranjem relevantnih parametara u simulacionim proračunima, prema programu razvijenom u ovom radu, dolazi se do graničnih režima stabilnog kretanja, koji su u ovom slučaju definisani kao pokazatelji aktivne bezbednosti analiziranih kombinacija sprege vozila.

ZAKLJUČAK

Aktivna bezbednost poljoprivrednih vozila predstavlja značajan segment istraživanja u fazama njihovog razvoja, projektovanja, izvedbe i korišćenja. Specifične funkcije ovih vozila i nepovoljni radni uslovi u značajnom stepenu usložnjavaju proučavanje uticajnih faktora na pokazatelje aktivne bezbednosti. Međutim, značajan doprinos u tom pogledu se može postići ako se pitanja aktivne bezbednosti poljoprivrednih vozila posmatraju sa aspekta pokazatelja njihove upravljaljivosti i

stabilnosti kretanja. Uz odgovarajuće kombinacije konstruktivnih parametara sprega vozila, sa parametrima uslova i režima kretanja identifikuju se dinamičke karakteristike do graničnih stabilnih režima kretanja, kako je pokazano na primerima simulacionih proračuna u ovom radu, na osnovu kojih se mogu definisati pokazatelji aktivne bezbednosti sa specifikacijom uticajnih faktora.

LITERATURA

- [1] Radonjić R., Radonjić D.: Prilog problemima ispitivanja stabilnosti kretanja traktora. Traktori i pogonske mašine, Vol. 4, No 4, 1999, Novi Sad.
- [2] Barskij I.: Dinamika traktora. Mašinostroenie, 1973.
- [3] Gligorević K., Oljača M., Ružičić L., Radojević R., Pajić M. : Uticaj elektronskih sistema na stabilnost vanputnih vozila. Poljoprivredna tehnika, br. 3, 2007.
- [4] CLAAS, FENDT, prospekti materijal, 2009, 2010.
- [5] Wong J. : Theory of ground vehicles. John Wiley & Sons, Newyork, 1995.
- [6] Radonjić R.: Razvoj metoda za ispitivanje upravljaljivosti i stabilnosti kretanja traktora. Traktori i pogonske mašine, br.4, 2003, Novi Sad.

THE PARAMETERS OF AGRICULTURAL VEHICLE ACTIVE SAFETY

Rajko Radonjić, Aleksandra Janković, Đorđe Antonijević

Mechanical Faculty - Kragujevac

Abstract: In this paper the problems of the agricultural vehicle active safety are discussed. The parameters of active safety are defined with respect to vehicle stability and controllability. In this sense a vehicle train model has been developed to study system response. The yaw rates of the two vehicle units, tractor and trailer, then, the sideslip angle of tractor and articulation angle tractor – trailer at step steering input is determined. The results are presented and discussed as base to development of the vehicle safety assessment criterion.

Key words: tractor, trailer, active safety, model, simulation.



UDK: 631.614.86

NESREĆE SA VOZAČIMA TRAKTORA U JAVNOM SAOBRAĆAJU REPUBLIKE SRBIJE

**Mićo V. Oljača¹, Dušan Kovačević², Rade Radojević¹, Kosta Gligorević¹,
Miloš Pajić¹, Zoran Dimitrovski³**

¹ *Poljoprivredni fakultet, Katedra za poljoprivredne mašine, Zemun, Srbija*

² *Poljoprivredni fakultet, Katedra za agrotehniku i agro-ekologiju, Zemun, Srbija*

³ *Poljoprivredni fakultet, Univerzitet Goce Delčev Štip, FR Makedonija*

Sadržaj: Poljoprivredni traktori imaju visok faktor rizika u izazivanju pojave nesreća i različitog stepena povređivanja učesnika u javnom saobraćaju. U periodu od 1999. do 2009. godine, u javnom saobraćaju Srbije, tragicno je nastradalo, u proseku godišnje, 62 traktorista. Utvrđen je broj od 144 teško povređenih (trajna invalidnost) vozača traktora, godišnje. Materijalna šteta je ogromna. Različite i opasne nesreće i povrede u javnom saobraćaju koje izazivaju vozači traktora u Republici Srbiji, i dalje su realnost. Evidentno nedostaje osnovna, i posebno dodatna stručna obuka rukovaoca mašinama, i stručno-tehnički kursevi za sigurno i pravilno korišćenje traktora.

Ključne reči: javni saobraćaj, vozači traktora, nesreće, različite povrede.

1. UVOD

Traktori različitih tipova i namena, imaju visok faktor rizika pojave izazivanja nesreća i time čestih oblika povredivanja učesnika u javnom saobraćaju Srbije.

Prema postojećoj literaturi [7.], [8.], [9.], [10.] i podacima MUP Republike Srbije [11.], vozači traktora danas na različitim kategorijama puteva i saobraćajnim situacijama u Republici Srbiji, učestvuju sa visokim udelom u izazivanju saobraćajnih udesa sa različitim i opasnim posledicama.

Traktori imaju značajnu primenu u poljoprivrednim i drugim (građevinski i radovi u šumarstvu) radovima i transportu, kada se kreću po različitim tipovima podloga i javnim putevima. U takvim mnogobrojnim okolnostima traktori su potencijalno opasne vučno-pogonske mašine, naročito u slučaju ako se ne koriste prema određenim pravilima sigurnosti, preventive i zaštite, i zakonskim regulativa.

Podaci literature pokazuju [8.], da se nesreće i povrede sa traktorima najčešće događaju u jesen, kada počinje “epidemija povreda u poljoprivredi”. Povrede su veoma raznolike, teške i zahvataju sve delove tela rukovaoca, sa pojavom invaliditeta visokog stepena, a uglavnom i velikih materijalnih šteta, jer se radi o mašinama koje su danas veoma skupe.

Prema statističkim podacima za 2005. godinu [7.], u Republici Srbiji ima preko 500.000 različitih tipova traktora. Tendencija godišnjeg porasta ovih mašina je od 5.000 do 20.000 komada zbog povećanih obima poljoprivrednih radova. Pored ovog broja traktora, Republika Srbija ima preko 250.000 moto-kultivatora, više od 420.000 dvoosovinskih traktora i približno 30.000 kombajna [7.]. Znači, približni ukupan broj pokretnih poljoprivrednih mašina sa sopstvenim motorom i mogućnosti učestvovanja u javnom saobraćaju u Republici Srbiji, danas prelazi broj od 1.000.000 komada. Sa ovolikim brojem pokretnih mašina postoji visok rizik godišnjeg povećanja pojave nesrećnih događaja u javnom saobraćaju ili na mestima rada ovih mašina.

Istovremeno treba navesti istraživanja [7.], koja pokazuju, da finansijski efekat nastalih događaja ima poseban značaj, pošto su savremeni traktori kao vučno-pogonske i transportne jedinice predviđeni i za kretanje po javnim putevima sa brzinama od 20 do 80 km/h. Ovakvi traktori imaju nabavne cene od 10.000 do 150.000 EUR-a, pa i više (traktori guseničari, itd.). Cene drugih samohodnih poljoprivrednih mašina (kombajni) mogu iznositi i preko 200.000 EUR-a. U nastalim udesima i nesrećama veoma često dolazi do znatnih oštećenja poljoprivrednih mašina koja su dodatni problemi relevantnih institucija.

U Svetu, mnogi istraživači [3], [5.], [14], [15.], [16.], [21], traktor smatraju jednim od glavnih izazivača nesreća. Danas se u Svetu posvećuje velika pažnja bezbednosti [4.], sigurnosti kao i podizanju tehničke kulture farmera, a posebno rukovaoca svih radnih mašina koje učestvuju i u javnom saobraćaju, pre svega preko edukacije sa organizovanjem raznih programa obuke. Poboljšanje stepena bezbednosti u ovoj oblasti doprinosi i ergonomija. Ugrađeni signalni uređaji u kabini traktora [10.], preko audio i vizuelne signalizacije informišu i opominju rukovaoca na razne moguće opasnosti u toku radnog procesa i štite od mogućih povreda i drugih nesreća sa mogućim tragičnim posledicama.

2. MATERIJAL I METODE ISTRAŽIVANJA

Nesreće sa traktorima u javnom saobraćaju Republike Srbije u periodu od 1999. do 2009. godine analizirane su u oblasti transportnih aktivnosti traktora i priključnih mašina u javnom saobraćaju na različitim kategorijama puteva Republike Srbije. Podaci [11.], o broju nesreća u kojim su učestvovali traktori u javnom saobraćaju, dobijeni su od Ministarstva unutrašnjih poslova Republike Srbije - Uprave saobraćajne policije, za vremenski period 1999.-2009. godina.

Određeni podaci iz ovog istraživanja u radu su tabelarno i grafički prikazani i analizirani po godinama i posledicama događanja nesreća za period 1999-2009.

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Traktori imaju značajnu primenu u poljoprivrednim radovima i transportu kada se kreću po poljoprivrednim površinama različitih karakteristika (zemljишte raznih topografskih karakteristika, ne kategorisani putevi i slično) i po javnim putevima.

U navedeni situacijama oni predstavljaju potencijalno opasnu mašinu, naročito u slučaju ako se ne koriste prema određenim pravilima sigurnosti, preventive i zaštite. U literaturi [3], [4], [6], [10], [15], [21], najčešće se ČOVEK i TRAKTOR navode kao stalni izazivači mnogobrojnih nesreća u poljoprivredi, radovima u šumarstvu i

građevinarstvu, gde su uzročnici najčešće bili nestručno: rukovanje (vožnja traktora neadekvatnom tehnikom i brzinama u saobraćaju, na nagibima, ili bočnim kosinama, sa pojavom prevrtanja) ili održavanje (razne popravke ili intervencije na pojedinim delovima, zamene pneumatika, dolivanje goriva, rashladne tečnosti ili slično) [9], [10], [13], [16].

Prema podacima istraživanja [8], [9], [10], u Srbiji, u periodu od 1980. do 1988. godine, je poginulo u različitim nesrećama i mestima (kretanje traktora uz, niz, ili bočni nagib, nepravilna vuča neispravnih traktora, vožnja drugih lica u traktoru na mestima koja nemaju sedište, vožnja neprilagođenom brzinom, prevrtanja, i slično), gde je traktor učestvovao kao vučno-energetska jedinica, preko 900 traktorista, ili prosečno 112 godišnje. U direktnim nezgodama u javnom saobraćaju na teritoriji Srbije (bez pokrajina) od 1990 do 2000 godine, tragično je godišnje nastradalo u proseku 76 vozača traktora.



Sl. 1. Nesreće sa traktorima i tragične posledice, [35.]

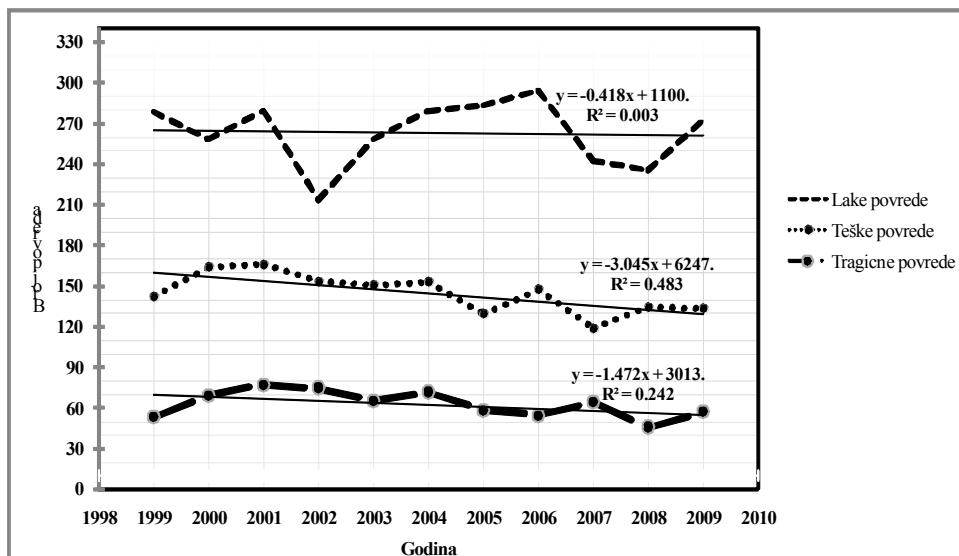
Najčešći uzroci događanja nesreća u poljoprivredi i javnom saobraćaju, [6], [8], [19], sa traktorima (i samohodnim poljoprivrednim mašinama) su:

- Nepažnja rukovaoca mašina sa nedovoljnim stepenom obučenosti za rad,
- Nepoštovanje saobraćajnih propisa i bezbednosnih mera.
- Upotreba tehnički zastarelih mašina,

Tab. 1. Posledice u saobraćajnim nezgodama koje su izazvali vozači traktora od 1999. do 2009. godine, [11]

Godina Posledice	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Prosek
Lake Povrede	278	258	279	213	258	279	283	294	242	235	272	262,8
Teške Povrede	142	163	166	153	150	152	129	147	119	134	133	144,3
Tragične Posledice	53	69	77	74	65	71	58	54	64	45	57	62,4
Ukupno nastradalih lica	473	490	522	440	473	502	470	495	425	414	462	469,6

Na teritoriji Republike Srbije, prema istraživanjima [8.] [9.] [10.], u poslednjoj deceniji od 1999 do 2009. godine, u direktnim nezgodama u javnom saobraćaju, često učestvuju vozači traktora (nastradala lica). Podaci o broju nastradalih lica u saobraćajnim nesrećama (Tabela 1.), koje su prouzrokovali vozači traktora ili bili direktni učesnici u njima, za period od 1999 .do 2009. godine prikazuju posebno težak aspekt nezgoda i nesreća koje prouzrokuju čovek i traktor.



Graf. 1. Trend pojave tipova i broja povreda za period 1999-2009. godina

Analizom prikazanih podataka (Tabela 1., Grafik.1), dolazi se do zabrinjavajućih rezultata o broju nastradalih lica. Prema ovoj analizi u Republici Srbiji prosečno godišnje u saobraćajnim nezgodama koje su izazvali vozači traktora, tragično strada 62 osobe, teško povređenih bude u proseku 144, i lako potvrđene su 262 osobe.



Sl. 2. Neispravni traktorski agregati u javnom saobraćaju Republike Srbije, [9], [36].

Na osnovu ovih iznetih podataka, može se zaključiti da se blago smanjuje broj nastrandalih u nesrećama u kojima su učestvovali traktori u periodu od 1999 do 2009. godine. Na žalost, razlog za ovo smanjenje broja nastrandalih osoba, nije samo uticaj ljudskog faktora, već i uticaj faktora znatnog poboljšanja tehničkih karakteristika savremenih mašina i traktora (dodatni sigurnosni uređaji, kabine, signalno-alarmni sistemi i sl.).

Rad sa traktorima i priključnim poljoprivrednim mašinama ima i danas teške i tragične posledice, najčešće iz razloga što rukovaoci poljoprivrednom mehanizacijom ne rade prema propisima i pravilima koja postoje i koja se dovoljno i dosledno ne poštuju.

Pregledom i analizom stručne literature [6], [14], [16], [22], i rezultata naših istraživanja u Republici Srbiji, može se konstatovati, da se nesreće sa traktorima i drugim mobilnim poljoprivrednim mašinama pored mnogobrojnih mera prevencije, zakonskih propisa, i dalje danas dešavaju.

To je pre svega rezultat: nepažnje, nestručnog rukovanja, neispravnosti mašina (Slika 2.), nedovoljnog obrazovanja i nediscipline (na primer faktora nedozvoljenog konzumiranja alkohola u toku radova), i umora rukovaoca traktora i poljoprivrednih mašina.

Istraživači navedene problematike u ovom radu, smatraju da nesrečni slučajevi nastaju i zbog nedostataka permanentne stručne obuke, i propratno-stručnih kurseva za pravilno korišćenje i održavanje traktora i mašina, koji se moraju organizovati i sprovoditi u visoko i stalno koordinisanoj ozbiljnoj akciji svih zainteresovanih , pre svega institucija društva (Ministarstvo poljoprivrede, Ministarstvo za infrastrukturu i saobraćaj, obrazovne institucije, udruženja poljoprivrednih proizvođača, i drugih relevantnih institucija i pojedinaca)

4. ZAKLJUČAK

Analize pokazuju da saobraćajne nezgode i nesreće sa traktorima u javnom saobraćaju Republike Srbije imaju za period od 1999. do 2009. godine, glavna obeležja:

- Tragično nastrandalih vozača traktora ili učesnika, (smrtni slučajevi), bilo je 62.
- Teško povređenih učesnika (kasnije teški invalidi rada i socijalni slučajevi), 144.
- Prosečan godišnji broj nastrandalih lica u nezgodama je 469 .

Nezgode i nesreće u radu sa poljoprivrednim mašinama i traktorima i dalje danas nastaju u Srbiji, jer nedostaje permanentna obuka, propratni stručni kursevi za pravilno korišćenje i održavanje ovih mašina. Takođe postoje znatni propusti u poznavanju i primeni osnovnih saobraćajnih propisa kod vozača traktora.

Buduća istraživanja i preventivno delovanje potrebno je usmeriti ka obaveznoj obuci rukovaoca traktora i podizanje tehničke kulture farmera u istovremeno povećanje bezbednosti traktora u pogledu donošenja zakonskih mera i obaveznoj ugradnji kabina ili zaštitnih ramova i pojaseva za vezivanje na svim traktorima bez obzira na starost traktora, koji se koristi u poljoprivredi Republike Srbije.

Imperativ je, u narednom periodu, smanjiti mogući broj nezgoda i nesreća u toku rada poljoprivrednih mašina i traktora, na najmanji mogući broj. To prvenstveno znači obezrediti odvijanje radnog procesa u poljoprivrednoj proizvodnji, uz najveće

poštovanje svih propisanih mera i zakona iz oblasti sigurnosti rada mašina, i posebno Zakona o bezbednosti saobraćaja na putevima,kada se ove mašine nađu u transportnom procesu na javnim putevima.

LITERATURA

- [1] Baker, David E., and et.al.,(1990): Innovative Approaches to Collecting Agricultural Accident Data, 12th World Congress on Occupational Safety and Health, Hamburg, 1990.
- [2] Cogbill T.H., Busch H.M. Jr., (1985): The spectrum of agricultural trauma., Journal of Emerg. Med. 3 (3); pp. 205-10.
- [3] Dolenšek M., Oljača V. M., (2002): Sprečavanje udesa i očuvanje zdravlja radnika u poljoprivredi Republike Slovenije, Deseto jubilarno Savetovanje sa međunarodnim učešćem, Sistemska analiza šteta u privredi, osiguranje i preventivno inžinjerstvo, str. 325-331, Dunav Preving, Beograd.
- [4] Glen H. Hetzel, (1996): Guide for Safe Tractor Operation, NASD, Fact Sheet: N°1.
- [5] Metcalf, Jane, (1991): Its More Dangerous on the Farm, Hards Dairyman Magazine., N°10.
- [6] New York Center for Agricultural Medicine and Health, (1998): Tractors, the Number One Cause of Fatalities on the Farm, Training curriculum , New York.
- [7] Nikolić R., et.al., (1999): Poljoprivredna tehnika kao faktor humanizacije rada u poljoprivredi, Časopis: Traktori i pogonske mašine, Vol. 4, N°2, pp.191-196, Novi Sad.
- [8] Oljaca V. Mico, Đokic Milorad, Ruzicic Lazar, Radoja Luka , Bandic Jordan, (2001): The accidents and their causes in work with the agricultural machines, 2001 Annual International Meeting -The American Society of Agricultural Engineers, Section N°74, Advancing in the Science of Agricultural Safety and Health, ASAE paper N° 018036, United States of America, Sacramento, CA.
- [9] Oljača V. Mićo, et.al, (2007): Opasnosti i nesreće u eksplataciji mobilne poljoprivredne mehanizacije u Republici Srbiji, (Dangers and Accidents in exploitation of mobil agricultural mechanization in Republic of Serbia), Monografija, str. 1-258., ISBN : 86-7834-023-1, Beograd.
- [10] Oljača V. M., Ružićić L., Tanevski D., Dimitrovski Z. (2002): Kontrolno-racunarski sistemi u radnim procesima poljoprivredne mehanizacije. Godišnji zbornik radova,Vol. 47, str.37-44., Poljoprivredni fakultet, Skoplje, FR Makedonija.
- [11] RMUP Srbije, Uprava za analitiku, (2009): Broj saobraćajnih nezgoda i nastrandalih lica u periodu 1988-2009., za Republiku Srbiju, Beograd.
- [12] Purschwitz, Mark A. (1990): Fatal Farm Injuries to Childrens, Wisconsin Rural Health Research Center, Marshfield, WI.
- [13] Read K.O., Campbell I.A, Kitchen G. (1996): Auger injuries in the Wimmera region1987-95. Aust. N Z J. Surg Apr; 66 (4), pp.229-300.
- [14] Shutske M. John, (2001): Within Minnesota-Related to Tractor and Machinery, Desise and Injury prevention, NIOSH/CDC Agreement Program #U07/CCU.
- [15] Shutske M. John, (2003): Farm Injuries and Rural Emergencies.University of Minnesota, Department of Biosystems and Agricultural Engineering.
- [16] Shutske M. John, (2003): Managing Downtime, Safety and Machinery Risks, Minesota Impacts, Un. of Minesota.

- [17] Shutske M. John, (2004): Injury Prevention and Health Promotion Research for Production Agriculture, Minnesota Impacts, University of Minnesota.
- [18] Lewis M.Q., et. al., (1998): Work-related injuries among Iowa farm operators: An analysis of the Iowa Family Health and Hazard Surveillance Project., American Journal of Ind. Medicine N^o33 (5):510-7.
- [19] University of Iowa Center for Agricultural Safety and Health, (2003): Preventing Tractor Accidents, Iowa, USA.
- [20] www.cdc.gov/niosh/injury/traumaagric.html
- [21] www.aghsafe.org
- [22] www.safety-council.org
- [23] www.nsc.org/necas/agractr.htm
- [24] www.cdc.gov/niosh/nasd/docs7/on99004.html
- [25] www.hsa.ie/pub/publications/farmshbk.pdf
- [26] www.hsc.usf.edu/publichealth/eoh/agcenter
- [27] www.four-h.purdue.edu/4H/tractor_safety/aboutus.htm
- [28] www.tractortips.com/CGI-BIN/SM40i.exe
- [29] www.nsc.org/mem/youth/7_farmfs.htm
- [30] www.tractorschad.com
- [31] www.cdc.gov/niosh/nasd/docs/d000-d0002000/html
- [32] www.agriculture.prevention.issa.int/activities.htm
- [33] www.nsc.org/farm/factsheets.htm
- [34] www.age.uiuc.edu/agsafety/smfmpr.html
- [35] www.alo.rs/vesti/10124/5_nesreca_-_4_poginula_-_14_povredenih
- [36] www.rts.rs
- [37] www.agry.purdue.edu/arc/arcdesc.htm
- [38] www.nstmop.psu.edu.htm
- [39] www.safetylit.org/links/links.htm
- [40] www.elsevier.com/wps/find/S06_349.cws_home/main

ACCIDENTS WITH TRACTOR DRIVERS IN PUBLIC TRAFFIC OF THE REPUBLIC OF SERBIA

Mićo V. Oljača¹, Dušan Kovačević², Rade Radojević¹, Kosta Gligorević¹,
Miloš Pajić¹, Zoran Dimitrovski³

¹Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Machinery, Zemun, Serbia,

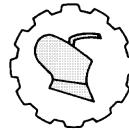
²Faculty of Agriculture, Department of Agrotechnics and Agroecology, Zemun, Serbia,

³Faculty of Agriculture, University Goce Delčev Štip, FR Macedonia

Abstract: Agricultural tractors have high risk factor in causing occurrence of accidents and injuries in public transport. Large number of tractor drivers perished in Serbian public transport in ten year period (1999-2009.), and average per year 62 tractor drivers

accidentally died in public traffic accidents in Serbia. Considerable number of hard injured tractor drivers (144, per year), is established with permanent disability. Material damage is huge. Different and dangerous accidents and injuries in public transport with tractor drivers in Republic of Serbia are still reality. Basic and special additional training evidently lacking as well as professional and technical courses for machine operators for the safe and proper use of tractors and other agricultural machines.

Key words: *public transport, tractor drivers, accidents, different injuries.*



UDK: 631.614.86

UDESI SA TRAKTORIMA U SLOVENIJI U PERIODU OD POSLEDNJE TRI DECENIJE

Marjan Dolenšek¹, Robert Jerončič², Rajko Bernik³, Mićo V. Oljača⁴

¹, Poljoprivredno-šumarski zavod, Novo mesto, Republika Slovenija,

² Ministarstvo prometa, Ljubljana, Republika Slovenija ³ Biotehniška fakulteta, Ljubljana, Republika Slovenija ⁴ Poljoprivredni fakultet, Beograd, Republika Srbija,

Sadržaj: Od 1981. do 2009. godine (28 godina) u udesima sa traktorima u Republici Sloveniji tragično je nastradalo ukupno 874 osoba. Konstatovan je trend opadanja broja udesa i smrtno stradalih, naročito u saobraćaju, a manje kod korišćenja traktora izvan javnog saobraćaja i puteva. Prvi veći pad broja udesa i smrtno stradalih osoba, bio je posle obaveznog uvođenja kabine za sve traktore 1986 godine, ispod 40 stradalih osoba. Drugi značajan pad je bio od 2005. godine, ispod 15, i to, ako se posmatraju događaji na nivou proseka po godini. Zadnji trend pada broja nesrećnih slučajeva, može se pripisati kupovini boljih, novih traktora u zadnjim godinama i uvođenju obavezne homologacije, počevši od 1.5.2005. godine. Sa ovom merom bila je zakonski sprečena prodaja tehničko i sigurnosno neadekvatnih traktora.

Ključne reči: *traktori, poljoprivredna tehnika, eksplatacija, udesi*

1. UVOD

U zadnjih 20 godina u poljoprivredi Slovenije desile su se velike i značajne promene. [1], [2], [3], ali još uvek je karakteristična mala agrarna struktura, iako se broj poljoprivrednih gazdinstava koji obraduje zemljišta stalno smanjuje. Tako je u avgustu 2010 godine taj broj bio 74.400 gazdinstava, gde je svako gazdinstvo koristi 6,3 ha poljoprivrednog zemljišta [4]. Istovremeno je sve manji je broj značajnih investicija u poljoprivrednu tehniku, a naročito traktore, gde se kupuju sve jači, efikasniji, zapadnoevropski traktori [2], [3].

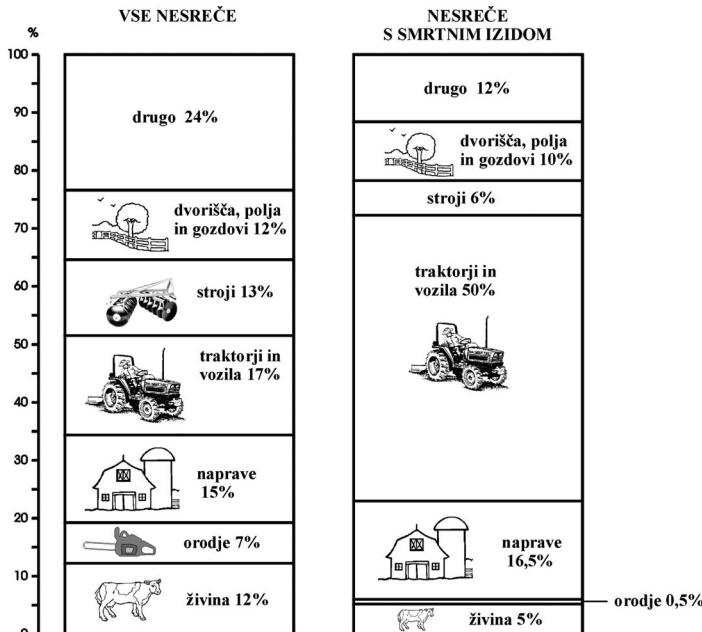
Statistički posmatrano, broj traktora je na istom nivou kao u zemljama sa razvijenom poljoprivredom, ali je njihov kvalitet i tehnički nivo na nižem stepenu.

Približno 20% traktora nije registrovano i nemaju kabine. Broj udesa sa traktorima u posmatranim godinama ima trend kontinuiranog smanjenja, ali još uvek ostaje na visokom nivou.

Kod rada u poljoprivredi na mnogo mesta za velike opasnosti od udesa. Od rada sa traktorom ili drugim mašinama, radu u šumi, radu sa stokom, radom sa teretom, sa električnom energijom, i slično dalje.

Uzroci mogu biti u spletu slučaja i okolnosti i tada teško je moguća potpuna i prava prevencija. Ali u većini slučajeva uzrok je pravo nepoznavanje opasnosti, nepredvidivosti, neiskustvu i nedovoljnoj pažnji kod rada sa poljoprivrednim mašinama i traktorima [5].

Jedan od najčešćih uzroka za udesa u poljoprivredi se nalazi kod nepravilne i neodgovorne eksploracije traktora i priključnih mašina. Uzroci (Slika 1.), se mogu podeliti u jednu grupu udesa koje su posledice neadekvatne izrade i opreme mašina, i drugu grupu udesa, koje su *posledica neadekvatne upotrebe* mašina.



Sl. 1. Udesi kod radova u poljoprivredi [6].

2. MATERIJAL I METODE RADA

Osnova za pripremu analize udesa sa traktorima korišteni su podaci Ministarstva unutrašnjih poslova Republike Slovenije, o smrtno stradalim i povređenim [2], [3], [7], [10]. Urađene su statističke analize.

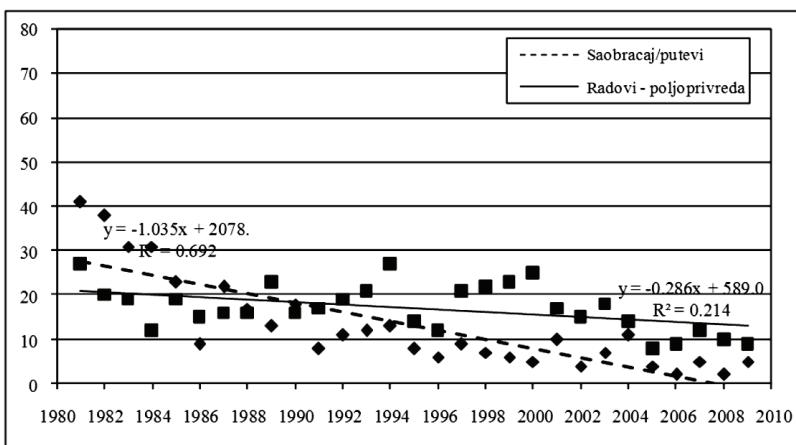
3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Iako su poljoprivredna gazdinstava Slovenije prema statističkim podacima [1, 3, 9] opremljena slično kao u zapadnoj Evropi, ipak je situacija u kvalitetu i stanju traktora u upotrebi u Sloveniji lošija. To se najviše karakteriše brojem udesa sa traktorima (Tabela

1) i sa smrtno stradalim vozačima ili suvozačima (Graf 1.). Udesi su podeljeni na kategorije «saobraćaj»=udesi na javnim putevima, i «radovi»=udesi izvan javnih puteva.

Tab. 1. Broj povređenih i tragično nastradalih ljudi za period 1981 – 2009. godina

Godina	UKUPNO		Saobraćaj/putevi		Radovi izvan puteva	
	Ukupno tragično Nastrandali	Ukupno povređeni	Tragično stradali	Povredeni	Tragično stradali	Povredeni
1981	68	88	41	72	27	16
1982	58	82	38	67	20	15
1983	50	76	31	58	19	18
1984	43	66	31	51	12	15
1985	42	74	23	58	19	16
1986	24	66	9	46	15	20
1987	38	76	22	56	16	20
1988	33	64	17	46	16	18
1989	36	67	13	44	23	23
1990	34	62	18	48	16	14
1991	25	72	8	46	17	26
1992	30	74	11	42	19	32
1993	33	65	12	26	21	39
1994	40	78	13	31	27	47
1995	22	74	8	41	14	33
1996	18	64	6	31	12	33
1997	30	98	9	49	21	49
1998	29	54	7	36	22	18
1999	29	63	6	33	23	30
2000	30	88	5	41	25	47
2001	27	72	10	26	17	46
2002	19	62	4	29	15	33
2003	25	55	7	25	18	30
2004	25	53	11	27	14	26
2005	12	81	4	37	8	44
2006	11	83	2	27	9	56
2007	17	75	5	42	12	33
2008	12	74	2	27	10	47
2009	14	71	5	31	9	40
Ukupno	874	2077	378	1193	496	884



Graf. 3: Trend tragično nastradalih osoba sa traktorima u Republici Sloveniji

Broj udesa na javnim putevima ima ukupno trend opadanja, (Graf.3.), i znatno se smanjio posle obavezne upotrebe kabine za traktore (od 1986. godine). Ali izvan javnih puteva, na poljoprivrednim površinama, praktično je promenjen tek u zadnjih 5 godina. Uzrok je, konstatacija, da se izvan puta upotrebljavaju i traktori koji nisu registrovani (procena broja neregistrovanih traktora oko 20.000, prema [3,4,5]). Pomenuti traktori, skoro po pravilu nemaju kabine i nisu tehnički ispravni. Detaljnija analiza udesa pokazuje da nezavisno od početnog uzroka (udes traktora na terenu sa povećanim nagibom, vožnja preko ruba puta ili preko ruba terase, preopterećenje sa teretom na prikolici i slično), gde u većini slučajeva dolazi do prevrtanja traktora, koji se zbog nedostatka kabine kotrljaju niz nagib [8]. Pad broja smrtno stradalih posle 2005. godine može se pripisati povećanom broju kvalitetnih traktora kupljenih u zadnjim godinama i sa time manji upotrebi starijih i neispravnih traktora. Sa uvođenjem homologacije 1.5.2004. godine sprečena je zakonom prodaja tehničko i sigurnosno neadekvatnih traktora.

Postoje analize da je zbog nesreća sa traktorima u Sloveniji, društvena šteta oko 650.000 EUR po nastradalom licu u nesrećama sa traktorima. U ovu sumu se ubrajuju svi troškovi koji su nastali direktno sa udesom (materijalna šteta kod udesa, troškovi intervencija hitne službe, vatrogasaca, sahrana, isplata osiguranja, i slično), i štete koje su kratkoročno i dugoročno u porodici nastradalog lica, i one koje je pretrpelo društvo na dugi rok. Tako se može računati da je ukupna društvena finansijska šteta od 1981 do 2009 godine kada je u udesima sa traktorima tragično nastradalo 874 ljudi, oko 586 miliona EUR ili protiv vrednost oko 11.500 komada, novih traktora snage motora od 75 kW.

4. ZAKLJUČAK

- Statistički posmatrano, po broju traktora, poljoprivreda Republike Slovenije je dobro opremljena, kao i neka prosečna zapadno-evropska država za razvijenom poljoprivredom.

- Traktori su ipak kvalitetno i tehnički na nižem nivou nego u zapadnoj Evropi. To karakteriše i velik broj udesa, naročito u upoređenju za državama sa razvijenom poljoprivredom. Udesi su često prouzrokovani nesigurnom i neispravnom poljoprivrednom tehnikom koja sa koristi sa traktorima.
- Od 1981 do 2009 godine u udesima sa traktorima umrlo je ukupno 874 ljudi, što se procenjuje kako društvena šteta od 586 miliona EUR ili vrednost od novih 11.500 traktora, snage motora od 75 kW.
- Prvi veći pad broja udesa i tragično stradalih lica bio je posle obaveznog uvođenja kabine za sve traktore 1986 godine, a drugi je bio od 2005 godine. Zadnji trend može se pripisati kupovini sve boljih, novijih traktora u poslednjih godina i uvođenju homologacije od 1.5.2004. godine. Sa ovom merom bila je sprečena prodaja tehničko i sigurnosno neadekvatnih traktora.

LITERATURA

- [1.] Cunder, T.,(2001).Opremljenost kmetijskih gospodarstev v Sloveniji z mehanizacijo. Simpozij trendi v razvoju kmetijske tehnike, Radenci 14.-15.06.01. Zbornik referatov, Društvo kmetijske tehnike Slovenije, Ljubljana, str. 15-26.
- [2.] Dolenšek, M., Medved, M., (2001): Stanje na področju varnosti in zdravja pri delu v zasebnem kmetijstvu in gozdarstvu ter predpisi. Simpozij trendi v razvoju kmetijske tehnike, Radenci 14.-15.06.01. Zbornik referatov, Društvo kmetijske tehnike Slovenije, Ljubljana, s. 219-225.
- [3.] Dolenšek M., Oljača V. M. (2002): *Sprečavanje udesa i očuvanje zdravlja radnika u poljoprivredi Republike Slovenije*, X jubilarno Savetovanje sa medunarodnim učeščem, Sistemska analiza šteta u privredi, osiguranje i preventivno inžinjerstvo, str. 325-331, Dunav Preving, Beograd,
- [4.] Dolenšek M. (2000): Varnost pri delu v slovenskem kmetijstvu. V: Zbornik posvet. Varnost in zdravje pri delu v gozdarstvu. Ljubljana, ZGDS: 96-100.
- [5.] http://www.stat.si/novica_prikazi.aspx?id=3448 (Statistika o poljoprivredi privremen podaci popisa 2010)
- [6.] Franc Hribernik (1995): Preprečevanje prometnih in delovnih nesreč v kmetijstvu, Zveza organizacij za tehnično kulturo Slovenije, Ljubljana.
- [7.] Mrhar M. 1980. Traktor, varnost in promet. Ljubljana, Kmečki glas: str. 119
- [8.] Medved, M. Dolenšek, M. 2000. Safety at work in agriculture and forestry face new legislation Nezgode v kmetijstvu in gozdarstvu - problem evidenc. V: IV. mednarodna konferenca Globalna varnost, Bled, Slovenija, 18. - 21. junij 2000. Zbornik referatov, Zavod za varstvo pri delu, Ljubljana, str. 81-90.
- [9.] <http://www.stat.si/> (Statistika o poljoprivredi)
- [10.] Ministrstvo za notranje zadeve, (2009.): Podatki o nesrečah s traktorji.
- [11.] Jerončič R. 2008. Raziskava dobre prakse v kmetijstvu in nesreče s traktorji (The research of the best praxis in agriculture and accidents with tractors): doctoral dissertation. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: XII, 139, [41] p.

- [12.] Jerončič R., (2008.): Najvažniji razlozi nesreća sa traktorima u poljoprivredi i šumarstvu, Časopis, Poljoprivredna tehnika, Godina XXXIII, No 1, str. 101-110, Beograd,
- [13.] Maines M.W., Sims C.H. (1998).: Tractor Safety, Institute for Safety and Health trainings, West Virginia University, SA-12.1:R183, <http://www.wvu.edu/~exten/infores/pubs/safety.htm>
- [14.] MNZ - Ministrstvo za notranje zadeve (Ministry of the Interior). Baza podatkov o nesrečah s traktorji, vzroki za nesreče. (Database on accidents with tractors, reasons for accidents) 2009. Ljubljana, Ministrstvo za notranje zadeve (database from June 2009)
- [15.] Oljaca V. Mico, Đokic Milorad, Ruzicic Lazar, Radoja Luka , Bandic Jordan, (2001): The accidents and their causes in work with the agricultural machines, 2001 Annual International Meeting -The American Society of Agricultural Engineers, Section №74, Advancing in the Science of Agricultural Safety and Health, ASAE paper № 018036, United States of America, Sacramento, CA.
- [16.] Oljača V. M., Ružićić L., Tanevski D., Dimitrovski Z. (2002): Kontrolno-računarski sistemi u radnim procesima poljoprivredne mehanizacije. Godišnji zbornik radova, Vol. 47, str.37- 44., Poljoprivredni fakultet, Skoplje, FR Makedonija.
- [17.] Oljača V.M., Raičević N.L., Radoja L. 2004. Nesreće sa vozačima traktora u javnom saobraćaju Srbije (Accidents with tractor drivers in public transport of Serbia). V: JUMTO 2004, Novi Sad, Srbija
- [18.] Oljača V. Mićo, et.al. (2007): Opasnosti i nesreće u eksploraciji mobilne poljoprivredne mehanizacije u Republici Srbiji, (Dangers and Accidents in exploitation of mobil agricultural mechanization in Republic of Serbia), Monografija, str. 1-258., ISBN : 86-7834-023-1, Beograd.

TRACTORS ACCIDENTS IN SLOVENIA IN LAST THREE DECADES

Marjan Dolenšek¹, Robert Jerončič², Rajko Bernik³, Mićo V. Oljača⁴

¹*Marjan Dolenšek, Institute of Agriculture and Forestry, Novo Mesto, Slovenia,*

²*Robert Jerončič, Ministry of Traffic, Ljubljana, Slovenia,*

³*Rajko Bernik, Faculty of Biotechnology, Ljubljana, Slovenia,*

⁴*Mićo V. Oljača, Faculty of Agriculture, Belgrade, Serbia*

Abstract: In Republic of Slovenia tragically killed 874 persons in tractor accidents in last three decades, in 28-year period (1981-2009). Number of accident has decreasing trend especially in public traffic, while it is less obvious in tractor use outside of public traffic and roads. First higher fall of accident number below 40 killed persons, was after compulsory introduction of tractor cabin in 1986. Second significant fall of accident number was in 2005. Below 15 regarding year average number. Last fall trend of accidents can be imputed to purchasing of new better tractors in last years and introduction of homologation, since 1.5.2005. With this measure it was forbidden selling of technically and safety inadequately tractors.

Key words: *tractors, agricultural equipment, exploitation, public traffic, accidents,*



UDK: 631.614.86

NESREĆE SA TRAKTORIMA NA JAVNIM PUTEVIMA U R. MAKEDONIJI

Zoran Dimitrovski¹, Mićo V. Oljača², Kosta Gligorević², Lazar Ružićić³

¹Poljoprivredni fakultet, Univerzitet Goce Delčev - Štip, Republika Makedonija

²Poljoprivredni fakultet, Institut za poljoprivrednu tehniku – Beograd

³Fakultet za Biofarming, Megatrend Univerzitet - Beograd

Sadržaj: U radu su prikazani istraživanja nesreća sa traktorima na javnim putevima u poljoprivredi Republike Makedonije. U periodu istraživanja od 2004 do 2008 godine na javnim putevima dogodilo se ukupno 495 nesreća u kojima su učestvovali traktori, ili prosečno 99 nesreća godišnje. Prema kategoriji puta u naseljenim mestima dogodilo se 79 ili u proseku po 15,8 saobraćajnih nesreća godišnje, na lokalnim putevima. Takođe prema kategoriji puta, na lokalnim putevima van naseljenih mesta dogodilo se najviše 180 ili u proseku po 36 godišnje nesreća. U nesrećama na javnim putevima u kojima su učestvovali traktori nastradalo je ukupno 820 osoba, od kojih 242 osoba u nesrećama u naseljenim mestima i 578 osoba u nesrećama van naseljena mesta. U nesrećama sa traktorima na javnim putevima van naseljenih mesta nastrada dva puta više, a smrtno nastrada, tri puta više osoba.

Ključne reči: traktor, javni putevi, nesreće, mesto nesreća, posledice nesreća

UVOD

Trend rasta poljoprivredne proizvodnje u Svetu podrazumeva upotrebu i primenu novijih naučnih dostignuća, kao i racionalnije i pravilnije iskorišćavanje svih postojećih mehanizovanih sredstava koji se mogu naći na farmama. Pored toga, radni procesi u suvremenoj poljoprivredi, šumarstvu i građevinarstvo danas se ne mogu zamisliti bez upotrebe određenih tipova mehanizacije, a jedna od osnovnih mašina koja ima najširu primenu u navedenim granama privrede je traktor. Traktori imaju značajnu primenu u poljoprivrednim i drugim (građevinskim) radovima i transportu kada se kreću po podlogama različite prirode i fizičko-tehničkih osobina (zemljiste raznih topografskih karakteristika, asfaltni putevi, ne kategorisani putevi, i slično).

Međutim, sa razvojem i mnogim pozitivnim efektima primene, traktor i druge poljoprivredne mašine, istraživači u svojim radovima i literaturnim podacima [2], [5],

[6], [15] nesumnjivo prikazuju traktor kao jedan od glavnih uzroka pojave raznih tipova povreda, i nesreća, sa različitim, pa i tragičnim posledicama.

U mnogobrojnim okolnostima prema literaturi [2], [3], [20] traktori su potencijalno vrlo opasne vučno-pogonske mašine, naročito u slučaju ako se ne koriste prema određenim pravilima sigurnosti [7], [14], preventive i zaštite i zakonskih regulativa.

Traktor predstavlja sporohodno motorno vozilo sa širokom autonomijom kretanja, a prema mestu događanja nesrećnih slučaja u Republici Makedonije razlikujemo, saobraćajne nesreće na javnim putevima u naseljenim mestima i van naseljena mesta. Kretanje traktora [16], se odvija najviše na lokalnim i regionalnim putevima na kojima se kretanje vozila odvija u oba pravca u dve saobraćajne trake.

Frekvencija saobraćaja u Makedoniji na ovim putevima je velika, posebno u većim poljoprivrednim regionima (Skopsko-Kumanovski, Mediteranski, Pelagonijski region) u toku poljoprivrednih radova. Saobraćajne nesreće događaju se na javnim putevima u gradovima, selima ili van njih, gde je dozvoljen saobraćaj traktora i poljoprivredne mehanizacije.

Pošto farmeri retko imaju svoje obradive površine u blizini mesta stanovanja, prinuđeni su da prelaze desetine kilometara kako bi stigli na svoje njive. Često, putevi vode i kroz planinske prevoje u ruralnim oblastima, gde su putevi uski sa velikim nagibom, klizavi i mokri, a u takvim okolnostima opasnost od pojave nesrećnih slučaja je daleko veća. Uzroci pojave nesreća u kojima su učestvovali traktori mogu da budu različiti. Kao rezultat smanjenje vidljivosti (rano ujutro ili kasno uveče) na putevima, nepoštovanje saobraćajnih propisa i znakova ili bezbednosnih mera pri radu sa poljoprivrednim mašinama, tehnička neispravnost traktora, neiskustvo i loše psihofizičko stanje vozača ili rukovaoca poljoprivrednih mašina, događaju se veliki broj nesreća. U ovakvim okolnostima posledice nesreća kod farmera ili osoba koje su direktni učesnici u procesu proizvodnje, često puta rezultiraju sa teškim telesnim povredama ili su to povrede sa fatalnim posledicama [7], [8].

MATERIJAL I METOD ISTRAŽIVANJA

Nesreće sa traktorima na javnim putevima u Republici Makedonije, analizirane su u oblasti transportnih operacija u javnom saobraćaju na putevima Makedonije sa učešćem traktora i prikolica. Podaci o nesrećama [17], dobijeni od RMUP u Skopju (Odsek za analitiku i istraživanje) u periodu od 2004 do 2008 godine. Podaci istraživanja su analizirani po godinama, lokaciji i posledicama događanja nesreća sa traktorima, i prikazani statističko-grafičkom metodom (trend analiza).

REZULTATI ISTRAŽIVANJA

U periodu istraživanja od 2004 do 2008 godine analizirane su saobraćajne nesreće na javnim putevima u kojima su učestvovali traktori u Republici Makedoniji. Ukupan broj nesreća [17], u kojima su učestvovali traktori, a koje su se dogodile u ovom vremenskom periodu, predstavljeni su u tabeli 1.

Prema prikazanim rezultatima (Tab. 1) može se konstatovati, da se u periodu istraživanja u Republici Makedoniji dogodilo ukupno 495 ili prosečno godišnje po 99 nesreća u kojima su učestvovali traktori.

Najviše nesreća sa traktorima dogodilo se u 2007 godini 117(23,64%), a najmanje u 2006 godini 84 (16,97%).

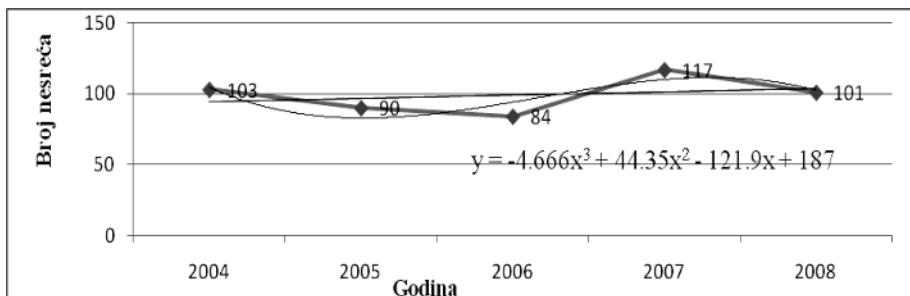
Tab. 1. Ukupan broj nesreća sa traktorima u periodu 2004 - 2008 godine u Makedoniji

Godina	2004	2005	2006	2007	2008	Ukupno
Nesreće u kojima učestvuju traktori	103	90	84	117	101	495
%	20,81	18,18	16,97	23,64	20,40	100

Međutim, vidi se, da broj nesreća sa traktorima nije ujednačen i varira u različitim godinama kao rezultat raznih uticaja u poljoprivrednoj proizvodnji (zakonski propisi, kontrola saobraćajne policije, ekonomski kretanja i sl.) (Graf.1.). Trend linijska broja saobraćajnih nesreća je funkcija oblika :

$$y = -4,666x^3 + 44,35x^2 - 121,9x + 187$$

što potvrđuje, da tokom godina istraživanja dolazi do variranja broja nesreća sa traktorima.



Graf. 1. Broj nesreća u kojima su učestvuju traktori u periodu 2004 – 2008.godina

Raspodela nesreća prema mestu događanja (u naseljenim i van naseljena mesta) prikazana je rezultatima istraživanja i kategorije puta (Tab. 2). Može se konstatovati, da je najveći broj 44 ili 25,73% nesreća dogodilo u 2007 godini, a najmanje 27 ili 15,79% u 2006 godini na javnim putevima u naseljenim mestima. Prema kategoriji puta u naseljenim mestima najviše 79 ili u proseku po 15,8 saobraćajnih nesreća godišnje, dogodilo se na lokalnim putevima. Ulice u naseljenim mestima, prema broju nesreća 73 ili u proseku 14,6 godišnje, su drugo mesto, prema broju nesreća mesta gde se događaju veći broj nesreća sa traktorima.

Tab. 2. Broj saobraćajnih nesreća u naseljenim mestima sa traktorima u Makedoniji u periodu 2004 – 2008.godina

Kategorija puta	2004	2005	2006	2007	2008	Ukupno	Prosek
Magistralni put	0	0	0	0	0	0	0
Autoput	1	1	0	0	0	2	0,4
Regionalni put	1	5	2	3	5	16	3,2
Lokalni putevi	14	13	11	24	17	79	15,8
Ulice u naselju	16	16	14	17	10	73	14,6
Ostali putevi	0	1	0	0	0	1	0,2
Ukupno	32	36	27	44	32	171	34,2
%	18,71	21,05	15,79	25,73	18,71	100	

Van naseljenih mesta broj nesreća na javnim putevima u kojima su učestvovali traktori se povećava (Tab. 3). Rezultat povećanog broja nesreća svakako je često korišćenje javnih puteva van naseljenih mesta kako bi farmeri stigli do svoje poljoprivredne površine. U periodu istraživanja dogodilo se ukupno 324 nesreća sa traktorima na javnim putevima van naseljena mesta. Prema kategorije puta, na lokalnim putevima van naseljenih mesta dogodilo se najviše nesreća 180 ili u proseku po 36 godišnje.

Tab. 3. Broj saobraćajnih nesreća van naseljenih mesta sa traktorima u Makedoniji u periodu 2004 - 2008

Kategorija puta	2004	2005	2006	2007	2008	Ukupno	Prosek
Magistralni put	0	2	0	0	1	3	0,6
Autoput	8	12	11	13	11	55	11
Regionalni put	20	15	11	21	19	86	17,2
Lokalni putevi	43	25	35	39	38	180	36
Ulice u naselju	0	0	0	0	0	0	0
Ostali putevi	0	0	0	0	0	0	0
Ukupno	71	54	57	73	69	324	64,8
%	21,91	16,67	17,59	22,53	21,30	100	

Poznato je da se javni putevi van naseljenih mesta koriste najčešće za transport robe do pijaca i većih prodavnica posebno u pazarnim danima kada je frekvencija ljudi i motornih vozila u gradovima daleko veća nego u drugim danima. Veliki broj različitih transportnih sredstava (kolske zaprege, traktori i prikolice, automobili, autobusi, kamioni i slično) kreću se na javnim regionalnim putevima, i predstavljaju potencijalne uzročnike saobraćajnih nesreća. Prema istraživanjima na regionalnim putevima dogodilo se ukupno 86 ili u proseku po 17,2 nesreće godišnje, i pozicionirani su na drugo mesto po broju nesreća sa traktorima.

U periodu istraživanja od 2004 do 2008 godine u nesrećama na javnim putevima u kojima su učestvovali traktori, nastradalo je ukupno 820 osoba, od kojih 242 osoba u nesrećama u naseljenim mestima, i 578 osoba van naseljenih mesta (Tab. 4 i 5).

Tab. 4. Posledice saobraćajnih nesreća sa traktorima u naseljenim mestima u Makedoniji u periodu 2004 – 2008. godina

Kategorija puta	2004		2005		2006		2007		2008		Ukupno nastradali	Prosек za 5 godina
	poginuli	povredeni										
Magistralni put	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Autoput	0	2	0	3	0	0	0	0	0	0	5	1
Regionalni put	0	1	1	6	0	2	0	6	0	7	23	4,6
Lokalni putevi	4	15	1	17	0	17	3	38	0	2	119	23,8
Ulice u naselju	0	21	0	17	1	16	0	25	2	1	93	18,6
Ostali putevi	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0,4
Ukupno	4	39	2	45	1	35	3	69	2	4	242	48,4
%	1,65	16,12	0,83	18,60	0,41	14,46	1,24	28,51	0,83	17,36	100	

Od ukupnog broja nastradalih osoba u nesrećama u naseljenim mestima (Tab. 4), najviše osoba 119 ili po 23,8 osoba godišnje nastrada (pogine, dobije luke ili teške povrede) na lokalnim putevima po kojima se kreću traktori. Takođe veliki broj osoba, 93 ili po 18,6 godišnje nastrada u nesrećama sa traktorima koje su se dogodile na ulicama u naseljenim mestima. U nesrećama sa traktorima na javnim putevima u naseljenim mestima poginulo je ukupno 12 ili 4,96 % od ukupnog broja nastradalih osoba.

Prema rezultatima istraživanja u saobraćajnim nesrećama sa traktorima na javnim putevima van naseljenih mesta nastradalo je više osoba i to 578 ili prosečno po 115,6 godišnje (Tab. 5). Prema rezultatima istraživanja (Tab. 5) može se konstatovati da je najviše osoba 305 (61 prosečno godišnje) nastradalo na lokalnim putevima, a najmanje 3 (6 prosečno godišnje) u nesrećama na magistralnim putevima van naseljena mesta. Pošto farmeri retko imaju svoje obradive površine u blizini mesta stanovanja, pruženi su da prelaze desetine kilometara kako bi stigli na svoje njive. Zato rezultati (Tab.4), pokazuju da u Makedoniji, pored lokalnih, regionalnih i autoputeva su mesta gde u nesrećama nastrada veći broj osoba, i to: 158 na regionalnim i 109 na auto-putevima u periodu od 2004 – 2008 godine. U nesrećama sa traktorima na javnim putevima van naseljenih mesta poginulo je ukupno 35 ili 5,37 % od ukupnog broja nastradalih osoba.

Upoređujući rezultate (Tab. 4 i Tab. 5) može se konstatovati, da u nesrećama sa traktorima na javnim putevima van naseljenih mesta nastrada dva puta više osoba, ali i to da je broj poginulih tri puta veći.

Tab. 5. Posledice saobraćajnih nesreća sa traktorima izvan naseljenih mesta u Makedoniji u periodu 2004 – 2008. godina

Kategorija puta	2004		2005		2006		2007		2008		Ukupno nastradali	Prosek 5 godina
	poginuli	povredeni										
Magistralni put	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	6	1,2
Autoput	0	12	2	27	0	22	0	23	0	23	109	21,8
Regionalni put	1	31	0	27	1	23	1	37	2	35	158	31,6
Lokalni putevi	8	59	2	35	5	60	4	73	9	50	305	61
Ulice u naselju	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostali putevi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ukupno	9	102	4	92	6	105	5	133	11	111	578	115,6
%	1,56	17,65	0,69	15,92	1,04	18,17	0,87	23,01	1,90	19,20	100	

Rezultat velikog broja nesreća i broj nastradalih osoba je zbog broja različitih transportnih sredstava (kolske zaprege, traktori, automobili, autobusi, kamioni i slično) koji se kreću na javnim lokalnim i regionalnim putevima, i koji su potencijalni uzročnici saobraćajnih nesreća (Sl.1). Potencijalne opasnosti koje su prisutne na ovim putevima takođe su rezultat stanja puta (klizav put zbog rasipanja zemljišta i biljnih ostataka, nepregledan i neosvetljen put, kao i oštećeni znakovi ili nedovoljno obeležena opasna mesta na putu).

Upotreba tehnički neispravnih vozila (neosvetljene zaprege noću, neosvetljeni traktori sa neispravnim svetlosnim i signalnim uređajima, vrlo često neispravni uređaji za upravljanje i kočenje kod raznih vozila i slično) takođe doprinose povećanju broja nesreća a time i broj nastradalih osoba u ovim nesrećama na javnim putevima Makedonije (Sl.2).



Sl. 1. Traktor u javnom saobraćaju, [6].



Sl. 2. Tragična posledica nesreća, [6].

ZAKLJUČAK

Za period istraživanja nesreća u kojima učestvuju traktori na javnim putevima u Republici Makedoniji, može se konstatovati:

- Od 2004 do 2008 godine, u Republici Makedonije dogodilo se ukupno 495 nesreća u kojima učestvuju traktori, sa prosečno godišnje 99 nesreća.
- Prema kategoriji puta u naseljenim mestima, najviše 79 ili u proseku po 15,8 saobraćajnih nesreća godišnje, dogodilo se na lokalnim putevima. Ulice u naseljenim mestima prema broju nesreća 73 ili u proseku 14,6 godišnje, su druga mesta, prema broju nesreća, gde se događa veći broj nesreća sa traktorima.
- Van naseljenih mesta, broj nesreća na javnim putevima u kojima su učestvovali traktori se povećava. Prema kategoriji puta, na lokalnim putevima, dogodilo se najviše nesreća 180, ili u proseku po 36 godišnje.
- U nesrećama na javnim putevima u kojima učestvuju traktori, nastradalo je ukupno 820 osoba, od kojih 242 osoba u nesrećama u naseljenim mestima, i 578 osoba ili prosečno po 115,6 godišnje u nesrećama van naseljenog mesta.
- Najviše osoba nastrada u naseljenim mestima 119, ili po 23,8 osoba prosečno godišnje nastrada (pogine, lake ili teške povrede) na lokalnim putevima po kojima se kreću traktori
- Najviše osoba van naseljenih mesta 305 (61 prosečno godišnje) nastrada na lokalnim putevima, a najmanje 3 (6 osoba prosečno godišnje) u nesrećama na magistralnim putevima.
- Generalno, u nesrećama sa traktorima na javnim putevima van naseljenih mesta, nastrada dva puta više, i pogine, tri puta više osoba, nego u naseljenim mestima.

LITERATURA

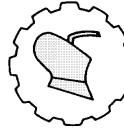
- [1] American Society of Agricultural Engineers, [1992b].: *Safety for agricultural equipment.*, ASAE standard: ASAE S318.10.
- [2] Baker D., David E., et.al., 1990.: Innovative Approaches to Collecting Agricultural Accident Data, *12th World Congress on Occupation Safety and Health, Hamburg*.
- [3] Cogbill T.H., Busch H.M. Jr., 1985.: *The spectrum of agricultural trauma.*, Journal of Emerg. Med. 3 (3); pp.205-10.
- [4] Cyr L. Dawna, Johnson B.S.: *Big Tractor Safety*, Maine Farm Safety Program, University of Maine Cooperative Extension, Bulletin #2323.
- [5] Dolenšek M., Oljača V. M., (2002).: *Revention of accidents and keeping health of the agricultural workers in Republic of Slovenia. Tenth jubilee conference with international participation.* Systematic analyses of damages in agriculture, insurance and preventive engineering. page. 325-331, Dunav Preving, Beograd.
- [6] Dimitrovski Z., Oljača V. M., Ružić L., (2004).; Nesreće sa vozačima traktora u javnom saobraćaju Makedonije, Poljoprivredna tehnika, Poljoprivredni fakultet univerziteta u Beogradu, Institut za poljoprivrednu tehniku, Beograd, 2, 55-61

- [7] Dimitrovski Z., Oljača V. M., Ružićić L., (2005). Nesreće sa prevrtanjem traktora u Makedoniji, Poljoprivredna tehnika, Poljoprivredni fakultet univreziteta u Beogradu, Institut za poljoprivrednu tehniku, Beograd, Br. 3, str. 115-122
- [8] Dimitrovski Z., Oljača V. M., Tanevski D., Ružićić L., (2003) Nesrećni dogadjaji u radu poljoprivrednih mašina, Dan poljoprivrednog fakulteta, str. 100-107, Fakultet poljoprivrednih nauka i hrane, Skoplje
- [9] Dimitrovski Zoran, Oljača V. Mićo, Tanevski Dragi, Ruzicic Lazar, (2003.): *Accidental cases which happen during operating agricultural machines– correlation Republic of Macedonia – Republic of Serbia, Anthology –Day of Faculty of Agriculture, page. 100-107., Faculty of Agriculture*, Skopje, Republic of Macedonia.
- [10] New Y.C. for Agricultural Medicine and Health, (1998): *Tractors, the Number One Cause of Fatalities on the Farm*, Training curriculum, New York.
- [11] Nikolić R., et.al., (1999).: *The Agricultural techniques as a factor of work humanization in the agriculture*, Journal of Yugoslav Society of Power Machines, Tractor and Maintenance, Vol. 4, N^o2, pp.191-196, Novi Sad.
- [12] National Institute for Occupational Safety and Health, (1993).: *National traumatic occupational fatalities surveillance system.*, Morgantown, WV: U.S. Department of Health and Human Services.
- [13] Oljača V.M., Raičević D., (2000).: *Accidents in operating with reclaiming machines and their causes*, Preventive engineering and insurance of motor vehicles, means of transport, systems and equipment– Conference with international participation, page. 251-255, DUNAV – Preving, Beograd.
- [14] Oljača V. Mićo, Đokic Milorad, Ružićić Lazar, Radoja Luka, Bandić Jordan, (2001.): The accidents and their causes in work with the agricultural machines, *2001 Annual International Meeting -The American Society of Agricultural Engineers, Section N^o74, Advancing in the Science of Agricultural Safety and Health, ASAE paper N^o 018036, CA, USA*,
- [15] Temelkoski D., (2000): Patišta, Tehnički fakultet, Bitola
- [16] T.M. Costello., M.D. Shulman., R.C. Luginbuhl (2002): Understanding the public Health Impacts of Farm Veicle public Road Crashes in Nort Carolina. *Journal of Agricultural safety and Healt*
- [17] Izveštaji Sektora analitike MUP-a, (2008) Republike Makedonije, Skoplje
- [18] Izveštaji Državnog Zavoda za statistiku Republike Makedonije, Statistički godišnjik: 1995, 1998, 2003, 2004, 2008, Skoplje
- [19] John M. Shuttske. (2003): Farm Injuries and Rural Emergencies. University of Minnesota, Department of Biosystems and Agricultural Engineering
- [20] Myers, M. L. (2000): Prevention of Rollover Protective Structures - Part I: Strategy Evolution, *Journal of Agriculture Safety and Health* 6(1): 29-40

ACCIDENTS WITH TRACTORS ON PUBLIC ROADS IN F.R.MACEDONIA**Zoran Dimitrovski¹, Mićo V Oljača², Kosta Gligorević², Lazar Ružićić³**¹*Faculty of Agriculture, Goce Delčev University - Štip, Republic of Macedonia*²*Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Engineering, Belgrade,*³*Faculty of Biofarming, Megatrend University, Belgrade*

Abstract: This paper deals with the results from the investigation of accidents with tractors on public roads in the agriculture of Republic of Macedonia. 495 accidents with tractors are happened (99 per year) on public roads in the period 2004-2008. According to the category of road on the local roads 79 accidents are happened (15, 8 accidents per year) in the settlements. Out of the settlements, on the local roads 180 accidents (36 per year) are happened most of them with tractors again. In accidents on public roads with tractors 820 people are injured, of which 242 in accidents in settlements and 578 out of settlements in the period of the investigation. There are twice more injured people and triple more people have a fatal consequences in the accidents with tractors on public roads out of settlements.

Key words: tractor, public roads, accidents, place of accidents, consequences of accidents



UDK: 603.37+311+242

ТРАНСПОРТ ОБЛОВИНЕ МЕКИХ ЛИШЋАРА ФОРВАРДЕРОМ JOHN DEERE 1410 D У РАВНИЧАРСКИМ ПОДРУЧЈИМА

Даниловић Милорад

Шумарски Факултет, Београд

Садржај: У раду су приказани резултати истраживања ефеката рада на пословима транспорта обловине меких лишћара форвардером John Deere 1410 D. Снимање је извршено у различитим условима рада. На бази резултата истраживања извршена је процена утицаја карактеристика терена и начина рада на ефекте рада форвардера. Поред тога, извршена је анализа елемената транспортног циклуса и квантификован њихов утицај и значај. Учинак форвардера значајно опада са повећањем удаљености од места утовара независно од запремине товара, односно време транспортног циклуса расте са повећањем транспортне дистанце, без обзира на категорију пута. Поред тога, резултати ових истраживања показују да на учинке рада форвардера значајно утичу услови рада и оно се посебно односи на време утрошено приликом кретања транспортног средства по сечини као и на учешће застоја, приликом кретања и утовара. Резултати извршених истраживања показују да је просечна брзина којом се кретао форвардер по сечини, у неповољним условима рада, у просеку за 9,5% мања. Поред тога, време манипулације у повољним условима рада је мање за око 47% у односу на време манипулације у неповољним условима рада, а учешће застоја је око 11% мање у односу на неповољне услове рада.

Ова истраживања показују да је формирање оптималног товара веома значајно за ефикасан рад форвардера и да је његова примена незаобилазна када се ради о тешким условима рада (мала носивост терена, израђене депресије и др.).

Кључне речи: форвардер John Deere 1410 D, облова, прва фаза транспорта, топола, учинак, јединични трошкови.

1. УВОД

Услови рада у равничарским подручјима Србије у првој фази транспорта дрвета су неповољни, првенствено због мале носивости терена, који је често изложен поплавама река и утицају подземних вода. Подземне воде у одређеном

периоду године избијају на површину, што значајно отежава транспорт дрвета, а понекад и потпуно онемогућава. У оваквим условима рада долази до сабирања земљишта и појаве дубоких колотрага, а у сечама обнове и до оштећења на преосталим стаблима, корену и др. Поред оштећења, рад у оваквим условима знатно поскупљује транспорт обловине (Николић, Јездић, 1983, Даниловић, Томашевић, 2000). Средња транспортна дистанца је већа због честих заobilажења препрека, а кретање трактора успорено, што се на крају огледа у мањим учинцима и већим јединичним трошковима.

Према досадашњим истраживањима трошкови прве фазе транспорта процентуално највише учествују у укупним трошковима на пословима искоришћавања шума (Ђоковић, Јездић, 1980, Николић, 1971).

Механизовање прве фазе транспорта шумских сортимената у оваквим условима рада је од посебног значаја за несметано одвијање технолошког процеса. Развојем савремених средстава намењених за рад у оваквим условима знатно је олакшан рад и смањени су трошкови транспорта дрвета, односно укупни трошкови производње. Први покушаји механизовања рада на овим пословима почели су применом трактора точкаша, а нешто касније и гусеничара. Примена трактора точкаша мање снаге на расквашеним теренима није била са техничког и економског аспекта прихватљива, као и трактора точкаша веће снаге са економског аспекта (Јездић, Рукавина, Мрђеновић, 1999).

Транспорт обловине тракторима гусеничарима по теренима мале носивости, био је са техничког аспекта знатно повољнији, али су ова средства рада причињавала велике штете на подмлатку.

Велики технолошки напредак на пословима коришћења шума у равничарском подручју настао је појавом тракторских и зглобних екипажа. Утовар и истовар дрвета је механизован у почетку механичким, а касније хидрауличким дизалицама.

Од 1972. године ова средства постају основно средство за транспорт дрвета у првој фази, а тракторске екипаже у неким случајевима и у другој. У равничарским подручјима Србије у првој фази транспорта дрвета користе се претежно тракторске и зглобне екипаже.

Тракторска екипажа је пољопривредни трактор на кога је прикачена флексибилна полуприколица са хидрауличном дизалицом. Тракторске екипаже на подручју Војводине до 1982. године су биле заступљеније у односу на зглобне екипаже, нарочито после производње хидрауличних дизалица намењених за утовар и истовар шумских сортимената "Метал" Винковци.

Према резултатима већине досадашњих истраживања примена тракторских екипажа је оправдана на лакшим теренима и на дужим дистанцима, као и у проредним сечама где је просечна запремина комада мања (Николић, Јездић, 1983).

Форвардери су машине специјално конструисане за транспорт обловине на равним и благо нагнутим теренима. Према досадашњим истраживањима извршеним у условима Равног Срема, тракторске и зглобне екипаже су најефикасније средство у оваквим условима (Николић, Јездић, 1983, Николић Ђоковић, 1985, Јездић, Јанатовић, Рукавина 1995).

Учинак ових средстава зависи од више фактора: типа машине, интензитета сече, теренских услова рада, вештине оператора (Haarlaa, 1975, Lageson, 1997; McDonald, Seixas, 1997, Nimz, 2002; Karha, 2003, Poršinsky, 2005,), узгојног

третмана (Eliasson, 2000; Glode, Sikstrrom, 2001), густине шумских комуникација (Poršinsky, 2005).

Избор средстава за рад на овим пословима сагледава се са техничког, еколошког, енергетског и економског аспекта.

У равничарском подручју Србије тракторским и зглобним екипажама транспортује се готово целокупна количина обловине меких и тврдих лишћара, као већи део дрвног материјала пореклом из култура бора.

Форвардери, које данас користе у шумарству Србије су производи познатих светских произвођача Timberjack, John Deere, Valmet и др. Ефекти рада ових средстава зависе од великог броја фактора (запремина товара, запремине комада, средње транспортне дистанце, карактеристика терена и др.) (Tufts, Brinkeer, 1993, Kuitto et. all. 1994).

Циљ рада је истраживање ефекта рада форвардера John Deere 1410 D на пословима транспорта обловине меких лишћара, у различитим условима рада, на подручју ШГ "Банат Панчево".

2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Истраживања су извршена на подручју ШГ "Банат Панчево", у ГЈ "Доње Потамишје", одељење 1 б, ШУ Опово, као и у ГЈ "Доње Потамишје", одељење 35 у ШУ "Панчево".

У одељењу 1 б, сниман је транспорт трупаца тополе после извршене чисте сече у засаду тополе *Populus ×euramericana 'I-214'*, старости 26 година, размака садње 5×5 m.

Техничке карактеристике форвардера John Deere 1410 D приказане су у табели 1.

Таб. 1. Техничке карактеристике форвардера John Deere 1410 D

Техничке карактеристике форвардера	
Мотор	6 цилиндрични турбо дизел (ЕУРО 3)
Снага	136 kW
маса форвардера	14 900 kg
Дужина	10 535 mm
Ширина	2 920 mm
Висина	3 800 mm
Клиренс	575 mm
Носивост	14 T
максимални дохват дизалице -Cranab CF 7	8,5 m
капацитет хидрауличке пумпе	140 cm ³
угао закретања управљача	43°
угао окретања дизалица	380°
обртни моменат	32 kN·m
Мењач	хидростатички - двостепени
димензије пнеуматика	предњи 600/65-34 задњи 710×26,5

Земљиште је ливадска црница и алувијална парагендзина. Приликом снимања време је било променљиво. Температура за време снимања мерена сваког дана у

11 h износила је од 18⁰C до 27⁰C. Терен је био изразито таласаст (Слика 1). Укупна запремина обловине транспортувана у току снимања износила је 407,1 m³. Обловина су транспортувани по сечини, а затим по изласку из сечине земљаним путем, а на крају насипом до привременог стовариште које се налазило непосредно поред насипа где је обловина слагана у сложајеве висине до 3 m. Снимање је обављено у септембру месецу 2008. године, за време ниског водостаја реке Тамиш, тако да микродепресије нису биле под водом и нису представљале препреке за кретање форвардера по сечини (Слика 1).



Сл. 1. ГЈ "Доње Потамишје" одељење 1 б

У ГЈ "Гоње Потамишје", одељење 35, сниман је такође транспорт обловине меких лишћара из сечине тополе *Populus ×euramericana 'I-214'*, истим средством, у различитим условима рада. Снимањем су обухваћени повољни и неповољни услови рада. Неповољни услови рада односили су се на сечину где после извршене сече гране нису сакупљане у хрпе, а целулозно дрво је расуто по сечини. На трасама где се кретао форвардер налазе се дубоко усечени колотрази, дубине до 30 cm (Слика 3). За време снимања повремено је падала киша средњег интензитета. Просечна температура је износила 21°C.

На сечини где су били повољни услови рада гране су сакупљене у гомиле и уклоњене са траса по којима се кретао форвардер. Пањеви су ниско одсечени, а израђени сортименти релативно мало укрштени.

У оба случаја руковац форвардера је имао одговарајуће искуство.

Истраживања је обављено у октобру 2008. године. Транспортна дистанца мерена је ГПС уређајем.

Утрошак горива сниман је по методу допуне резервоара на обе истраживане површине.



Сл. 2. Сечина



Сл. 3. Колотраг форвардера

Подаци снимања обрађени су по методологији (Николић, 1993), а за статистичку обраду података коришћен је статистички програм Статистика 8.0.

3. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

У табели 2 приказане су минималне, максималне и просечне вредности елемената транспортног циклуса у ГЈ "Доње Потамишје", одељење 1 б.

Таб. 2. Статистички подаци извршених снимања

Статистички подаци	Минимална Вредност	Средња Вредност	Максимална Вредност
Време вожње неоптерећеног форвардера, $\text{min} \cdot \text{turi}^{-1}$	12,3	14,94	19,87
Време вожње оптерећеног форвардера, $\text{min} \cdot \text{turi}^{-1}$	15,08	18,66	22,08
Време утовара, $\text{min} \cdot \text{turi}^{-1}$	13,29	16,72	19,88
Време истовара, $\text{min} \cdot \text{turi}^{-1}$	9,58	12,01	15,17
Време транспортног циклуса, $\text{min} \cdot \text{turi}^{-1}$	55,35	67,58	78,68
Запремина комада, $\text{m}^3 \cdot \text{kom}^{-1}$	0,30	0,35	0,43
Запремина туре, $\text{m}^3 \cdot \text{turi}^{-1}$	12,35	13,57	14,59

Учинак зависи од више фактора (типа транспортног средства, нагиба терена, теренских карактеристика, вештине возача и др.), а транспортна дистанца и просечна запремина комада су фактори који имају између осталих највећи утицај на учинке које средство остварује.

Време трајања утовара и истовара је у директној зависности од просечне запремине комада и запремине товара $t_{ui} = f(g, m)$, а време кретања транспортног средства у зависности од карактеристика терена, брзине кретања транспортног средства и транспортне дистанце $t_s = f(t_c, V, S)$. Веза између времена утовара и истовара изражена и просечне запремине комада приказана је једначином облика

$$t_{ui} = \exp\left(0,485 + \frac{0,0935}{m}\right), \text{ где}$$

t_{ui} -време утовара и истовара, $min \cdot m^{-3}$,
 m -просечна запремина комада, $m^3 \cdot kom^{-1}$.

Време утовара и истовара опада са повећањем просечне запремине комада, а статистички параметри изабране функције ($R=0,286$, $S_x=0,079$), показују да с ради о слабо вези између променљивих.

Просечна брзина кретања натовареног транспортног средства по свим категоријама путева је мања од брзине коју је остварило празно транспортно средство. Разлика је највиша по сечини и износи у просеку 23%, по земљаном путу разлика је 20%, а по насипу 18%.

Срдња транспортна дистанца по сечини била је 343 м, а просечна брзина 49,71 $m \cdot min^{-1}$ или $0,83 m \cdot s^{-1}$, по насипу средња транспортна дистанца износила је 870 м, а просечна брзина којом се средство кретало $96,4 m \cdot min^{-1}$ и средња транспортна дистанца по земљаном путу била је 70 м, а просечна брзина $85,2 m \cdot min^{-1}$.

Време трајања транспортног циклуса расте са повећањем транспортне дистанце (Reza, Stampfer, Sassions, 2007). У ГЈ "Доње Потамишје" веза између просечног времена утрошеног у празној тури приликом кретања форвардера по сечини и транспортне дистанце представљена је линеарном регресионим једначинама $t_{s1} = 1,003 + 0,014 \cdot S_1$, а пуне туре, регресионом једначином $t_{s2} = 3,72 + 0,011 \cdot S_2$.

Учешће застоја од укупног времена трајања транспортног циклуса износило је 4%, а учешће застоја дужих од 15 минута износило је 2,6%. У ове застоје није урачунато време утрошено за доручак.

Релативно мало учешће застоја је резултат добре увежбаности возача форвардера, добре организације рада и др.

Брзина кретања транспортног средства по сечини у ГЈ "Горње Потамишје" у повољним условима рада, износила је $65,5 m \cdot min^{-1}$, а у неповољним $59,8 m \cdot min^{-1}$, што значи да се форвардер кретао у просеку 9,5 % већом брзином у повољним условима рада.

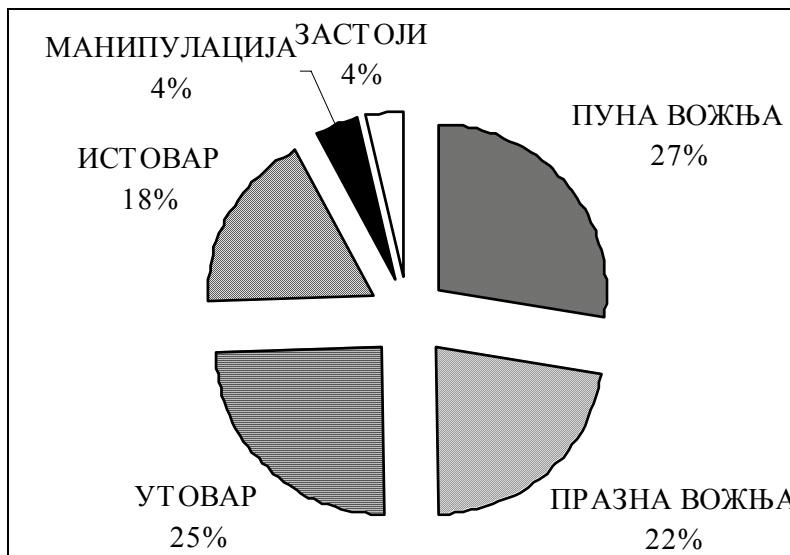
Учешће застоја у неповољним условима рада у ГЈ "Горње Потамишје" је 11% веће у односу на учешће застоја у повољним условима рада.

Време манипулатије у повољним условима рада је мање за око 47% у односу на време манипулатије у неповољним условима рада.

На основу резултата анализе варијансе ($F=16,1$; $p=0,002$) и извршеног тестирања произилази да постоје статистички значајне разлике између просечног времена манипулатије на нивоу поверења $p=0,05$.

Ови резултати показују да фактор услова рада има веома значајан утицај на ефекте рада форвардера.

Процентуално учешће елемената транспортног циклуса приказано је на слици 4.



Сл. 4. Структура снимљеног времена рада форвардера у ГЈ "Добро Поле Потамишје"

На основу резултата извршеног снимања израчунате су основне норме рада за услове који су били предмет истраживања у ГЈ "Добро Поле Потамишје".

Основне норме су:

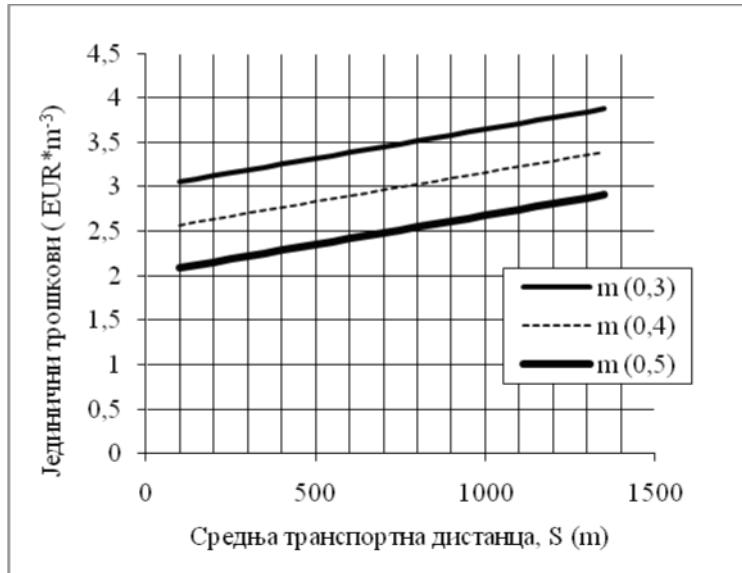
- средња брзина по насыпу (V_{SN}) $96,4 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ ($1,60 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)
- средња брзина по земљаном путу (V_{SZ}) $85,4 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ ($1,42 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)
- средња брзина по сечини (V_{SS}) $49,7 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ ($0,83 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)
- време манипулатије (t_m) $2,73 \text{ min} \cdot \text{тур}^{-1}$
- време прелаза (t_p) $8,90 \text{ min} \cdot \text{тур}^{-1}$
- време утовара (t_u) $16,72 \text{ min} \cdot \text{тур}^{-1}; 1,23 \text{ min} \cdot \text{m}^3; 0,43 \text{ min} \cdot \text{ком}^{-1}$
- време истовара (t_i) $12,1 \text{ min} \cdot \text{тур}^{-1}; 0,88 \text{ min} \cdot \text{m}^3; 0,31 \text{ min} \cdot \text{ком}^{-1}$
- време застоја (t_z) $2,5 \text{ min} \cdot \text{тур}^{-1}; 4\%$
- просечна запремина туре (Q) $13,57 \text{ m}^3 \cdot \text{тур}^{-1}$

На бази основних норми могу се израчунати норме рада за услове који су биле предмет истраживања. За обрачунску транспортну дистанцу у овим истраживањима узета је дистанца по сечини. Кофицијенти претварања дистанци по земљаном путу и насыпу у дистанце по сечини износе $k_n = 0,52; k_z = 0,58$, а обрачунска транспортна дистанца за услове који су били предмет истраживања износи 838 м.

Користећи типске калкулације израчунати су дневни директни трошкови рада форвардера. Дневни директни трошкови рада форвардера износе $285 \text{ EUR} \cdot \text{дан}^{-1}$.

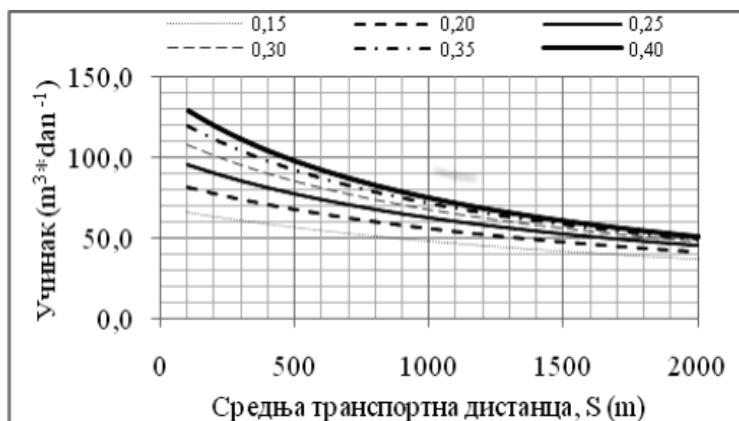
Јединични трошкови рада форвардера John Deere 1410 D за услове који су били предмет истраживања износе $3,69 \text{ EUR} \cdot \text{m}^3$.

Ови трошкови су у директној зависности од средње транспортне дистанце и просечне запремине комада. На графикону 2 приказани су јединични трошкови у зависности од транспортне дистанце и запремине комада за услове који су карактерисали истраживања у ГЈ "Доње Потамишје".

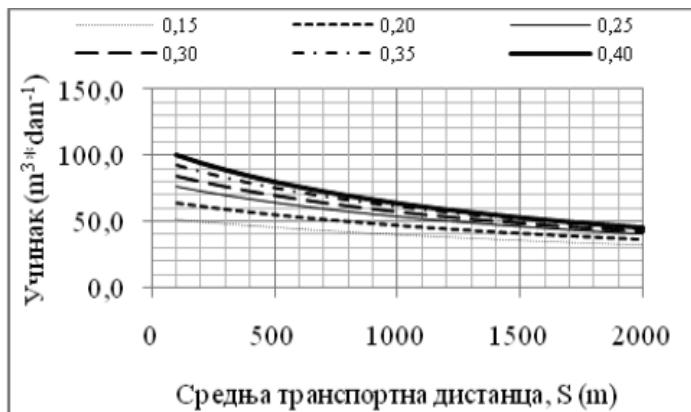


Сл. 5. Зависност јединичних трошкова од транспортне дистанце и запремине комада

Време транспорта обловине меких лишћара у истраживаним условима рада значајно се разликује на истраживаним површинама ($F=6,54$; $p=0,003$), приликом упоређивања као обрачунска дистанца узета као дистанца по сечини.



Сл. 6. Учинци форвардера у новољним условима рада



Сл. 7. Учинци форвардера у неповољним условима рада

У ГЈ "Горње Потамишје" учинци форвардера зависе од услова рада форвардера (Слика 6 и 7).

4. ДИСКУСИЈА

Резултати ових истраживања показују да форвардер John Deere 1410 D представља ефикасно средство рада у условима који су били предмет истраживања. Ефикасност се огледа у високим учинцима ($74,2 m^3 \cdot dan^{-1}$) које је форвардер остварио на средњој транспортној дистанци од 838 м прерачунато на дистанцу по сечини и за просечну запремину комада од $0,35 m^3 \cdot kom^{-1}$. Поред тога, учешћа застоја у току рада је минимално, а манипулативне способности веома добре. До сличних закључака дошло се и у досадашњим истраживањима за форвардере Timberjack 1210 В и Timberjack 1710 В (Јездин, Јањатовић, Рукавина, 1995, Poršinsky, 2005). Сви аутори истичу да су кључни фактори за њихову економску исплативост транспортна дистанца, просечне запремине комада, као и теренски услови. На равним теренима избор средства у првој фази транспорта обловине врши се у највећем броју случајева између тракторских и зglobних екипажа. Ако техничке могућности дозвољавају, на већим транспортним дистанцима, предност примене са економског аспекта има тракторска екипажа. Гранична дистанца до које је економична примена форвардера у односу на тракторску екипажу варира од већег броја фактора и износи од 500 до 700 м. У повољним условима рада гранична дистанца је мања у односу на неповољне, где је мала носивост терена, изражено присуство жбунасте вегетације и др.

У равничарским подручјима Србије средња транспортна дистанца је често више километара, што је изнад границе применивости форвардера. У односу на остале може се издвојити ШГ "Сремска Митровица", где је средња транспортна дистанца око 500 м, па је примена форвардера логично решење. У оваквим околностима потребно је анализирати утицај величине форвардера у зависности од услова рада. У проредима је економична примена малих форвардера, по могућности без одривне даске, а у главним сечама средњих и тешких форвардера.

На веома тешким теренима, где је носивост терена мала, потребно је монтирати полугусенице или користити балон гуме. Примера ради, у Финској се врло често током целе године користе полугусенице, независно од теренских услова (Suvinen, 2006). Предност примене полугусеница се огледа у смањењу притиска на подлогу, због веће површине додира између гума и подлоге. Накупљање земље на ребра гуме је знатно мање.

Форвардери су тешке машине које проузрокују разну врсту оштећења у састојини, што са аспекта еколошке прихватљивости није оправдано. Еколошка прихватљивост форвардера може се побољшати кориштењем полугусеница, ограниченим кретањем возила по мрежи тракторских влака, уз могућу додатну заштиту земљишта ухрпаним слојем грања, односно ограничавањем запремине товара (Poršinsky, 2005).

Због мале густине шумских комуникација у равничарском подручју Србије тракторска екипажа ће и даље бити врло значајно средство рада на пословима транспорта обловине.

Средња транспортна дистанца на подручју ШГ "Банат Панчево" износи око 1100 m, а просечна запремина комада око $0,3 \text{ m}^3 \times \text{kom}^{-1}$. На основу ових просечних вредности долази се до запремине дрвета која се годишње може транспортовати одређеним транспортним средством. Годишњи учинак форвардера у условима који су карактеристични за ово ШГ износи око $12\ 000 \text{ m}^3 \times \text{god}^{-1}$, а тракторском екипажом око $9500 \text{ m}^3 \times \text{god}^{-1}$. С обзиром на услове рада и средњу транспортну дистанцу, зглобне екипаже треба примењивати на тежим теренима и краћим дистанцима, а тракторске у повољнијим условима рада, где је већа носивост терена и дужа транспортна дистанца.

Резултати добијени у овим истраживањима приказују остварене учинке и структуру утрошених времена, брзине кретања форвардера, утрошке времена утовара и истовара дрвета, као и дневне и јединичне трошкове рада форвардера. Ако упоредимо резултате ових истраживања са резултатима (Ghaffarian, Stampfer, Sessions, 2007, Јездић, Рукавина, Мрђеновић, 1999), видимо да не постоје значајна одступања, сем у мери у којој то диктирају теренски услови.

Просечна брзина форвардера по сечини и меком летњем путу добијена у овим истраживањима није се значајније разликова од брзине која је добијена приликом истраживања транспорта обловине меких лишћара форвардером Timberjack 1210 В у сличним условима рада (Јездић, Рукавина, Мрђеновић, 1999). На просечну брзину кретања је више утицало стање комуникација него снага транспортног средства. Такође, време утовара и истовара изражено по комаду веома мало се разликовало од времена установљеног за форвардер Timberjack 1210 В, али је знатно мање од времена које је добијено у истраживањима (Јездић, 1984, Јездић, Јањатовић, Рукавина, 1995) која се односе на транспорт обловине меких лишћара форвардерима ИМТ 5132, VOLVO BM 971 и др. Ова разлика је резултат уградње квалитетне дизалице, односно брзина рада хидрауличне дизалице која има значајан утицај на учинке транспортног средства.

Резултати истраживања (Poršinsky, 2005), указују да форвардер Timberjack 1710 В представља врло делотворно средство рада у првој фази транспорта дрвета из низинских шума Хрватске, што проистиче и из ових истраживања за низинске шуме у Србији.

5. ЗАКЉУЧАК

Након извршених анализа могу се извести следећи закључци:

- учинак форвардера опада са растом дистанце привлачења, а ова веза је представљена логаритамском функцијом;
- веза између време утовара и истовара транспортног средства и просечне запремине комада је представљена експоненцијалном функцијом;
- брзина кретања транспортног средства у повољним условима рада, у односу на неповољне, је у просеку већа за 9,5%, а учешће застоја мање за 11%;
- време манипулације у повољним условима рада је мање за око 47% у односу на време манипулације у неповољним условима рада;
- на бази резултата истраживања произилази да су услови рада од веома значајни када се врши избор средства за I фазу транспорта шумских сортимената у равничарском подручју Србије;
- за потпuno коришћење капацитета форвардера потребна је организовати рад у сменама, на овај начин би се повећао степен искориштења средства, с обзиром да је због учесталих поплава веома тешко остварити 250 планираних радних дана током године;
- у тешким условима рада где су изражене депресије и мала је носивост терена, форвардер је са техничког и економског аспекта најефикасније средство рада;
- у будућности је потребно радити на повећању отворености шума, чиме ће се створити услови за већу примену овог средства у равничарском подручју Србије;
- предности форвардера John Deere 1410 D у односу на до сада коришћене форвардере су: бољи пренос снаге, мањег проклизавања погонских точкова, мањих оштећења на земљишту, мање потрошње горива, удобнијег рада и др.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Bettinger, P., Kellogg L. D., (1993): *Residual stand damage from cut-to-length thinning og second-growth timber in the Cascade Range of western Oregon*, Forest Products Journal, 47, 59-64.
- [2] Ghaffarian M. R., Stampfer K., Sessions J. (2007): *Forwarding productivity in Southern Austria*, Croatian Journal of Forest engineering, 2, 169-175, Zagreb.
- [3] Goglia T, Horvat d., Sever S. (1999): *Tecnihal carateristics and test of the forwarder Valmet 860 equipped with a Cranab 1200 crane*, Forestry of Zagreb University, Internal Report, 23.
- [4] Glode, D., Sikstrom, U. (2001): *Two felling methods in final cutting of shelterwood, single-grip harvester productivity and damage to the regeneration*, Silva Fennica 35(1), 71-83.
- [5] Даниловић М., Томашевић И. (2000): *Ефекти при привлачењу техничког облог дрвета меких лишћара форвардером ВКС 9041*, стр. Шумарство бр.1, Београд
- [6] Даниловић М. (2007): *Транспорт шумских сортимената у равничарском подручју*, Трактори и погонске машине Вол. 12. Но. 3, стр. 68-74, Нови Сад.

- [7] Eliasson, L. (2000): *Effects of establishment and thinning of shelterwoods on harvester performance*. J.For. Eng., 11(2), 21-27.
- [8] Haarlaa R (1975). *The effects of terrain on the output in forest transportation of timber*. Journal of Terramechanics, 12(2),55–94.
- [9] Хрибљанин, Б. (1975): *Механизовано изношење просторног дрвета у пригорским и равничарским шумама*, Ђеловар.
- [10] Ђоковић, П., Јездић Д. (1980): *Прилог избору транспортног средства за прву фазу транспорта сортимената меких лишћара*, Топола, стр.127-128., Нови Сад.
- [11] Јездић Д. (1979): *Механизовано изношење техничке обловине и целулозног дрвета у равничарским шумама*, Београд.
- [12] Јездић, Д., Јањатовић, Г., Рукавина, Ж..(1995): *Примена форвардера у транспорту дрвних сортимената*, Шумарство 1-2, стр. 47-60, Београд.
- [13] Јездић, Д., Јањатовић, Г., Мрђеновић, С.(1999):*Испитивање форвардера Timberjack 1210 Б бх б у транспорту дрвних сортимената*, Топола 163-164, Нови Сад.
- [14] Jiroušek, R., Klvač R., Skoupy, A. (2007): *Productivity and costs of the mechanised cut-to-length wood harvesting system in clear-felling operations*, Journal of forest science, 53 (10), 476-482.
- [15] Martin dos Santos S., Machado C.,Leite H.(1995): *Technoeconomical analysis of the eucalyptus extraction with forwarder in flat terrain, revista arvore*, Vicos 19, 2, 213-363.
- [16] McDonald T P; Seixas F (1997). *Effect of slash on forwarder soil compaction*. Journal of Forest Engineering, 8(2), 15–26.
- [17] Николић, С.(1971): *Прилог методици установљавања трошкова транспорта шумских сортимената*, Шумарство 11-12, Београд
- [18] Николић, С. (1982):*Норме транспорта са мање улаза*, Дрварски гласник III, Београд.
- [19] Николић, С., Јездић, Д. (1993): *Техничке норме и нормативи у шумарству*, 240 стр.Београд
- [20] Николић, С., Јездић, Д. (1983): *Избор транспортног средства за превоз шумских сортимената у условима САП Војводине*, Топола, стр. 137-138.Нови Сад.
- [21] Nordfjell, T., Athanassiadis, D., Talbot, B. (2003): *Fuel consumption in forwarders*, International journal of forest engineering, 14(2),11-20.
- [22] Поповић, В.; Николић, С. (1972): *Искоришћавање шума*, приручник, Београд.
- [23] Owende P M O; Hartman A M; Ward S M; Gilchrist D M; O'Mahony M J (2001). *Minimizing distress on flexible pavements using Variable Tire Pressure*. Journal of Transportation Engineering, ASCE, 127(3), 254–262
- [24] Poršinsky, T. (2005): *Djelotvornost i ekološka pogodnost forvardera Timberjack 1710 pri izvoženju oblovine iz nizinskih šuma Hrvatske*, Doktorska disertacija, Šumarski fakultet Zagreb.
- [25] Sever, S. (1988): *Proizvodnost i performanse forvardera na radovima privlačenja drva, Mehanizacija šumarstva 5-6*, Zagreb.
- [26] Sppiunelli R., Owende P., Ward S., Torneo M. (2003): *Comparison of short-wood forwarding systems used in Iberia*, Silvia Fennica 38,1, 85-94.
- [27] Suvinen, A. (2006): *Economic comparison of the use of tyres, Wheel chains and bogie tracks for timber extraction*, Croation journal of forest engineering, 27 (2) 2000.
- [28] Suvinen, A.,Saarilahti, M. (2006): *Measuring the mobility parametars of forwarders using GPS and CAN Bus Techniques*, Journal of Terramechanics, 43(2),237-252.

**LOG TRANSPORT OF THE SOFT DECIDUOUS TREES BY A FORWARDER
JOHN DEERE 1410 D ON PLAIN TERRAIN****Danilović Milorad***Faculty of Forestry - Belgrade*

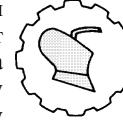
Abstract: Presented in this article are the research results of the effects on jobs of log transport of softwood deciduous trees with a John Deere 1410D forwarder. Recording of the results was conducted in various working conditions. Based on the results of the research, an estimation of the impact of terrain characteristics and the operating method on the working effects of the forwarder is conducted. Besides that, analysis of the elements of the transportation cycle is conducted and their impact and the significance are quantified. Productivity of the forwarder significantly decreases with the increase of the distance of the loading place regardless of the volume of the load that is that, the time of the transportation cycle increases with the increase of the transport distance, regardless of the road category. Besides that, the results of these researches show that the working effects are significantly impacted by working conditions and it specifically relates to the time spent during the movement of the transport mean on the cutting site as well as on the share of the stoppages during transport and loading. Results of the conducted researches present that the average speed of the forwarder on the cutting site, in unfavorable conditions, is on average for 9,5% lower. Besides that, manipulating time in favorable conditions is 47% lower related to the time of manipulation in unfavorable conditions, and the share of stoppages are around 11%.

These researches prove that the forming of the optimal load is very significant for the productivity of the forwarder and that its application is unquestionable when working in unfavorable conditions (small weight bearing capacity of soil, formed depressions etc.).

Keywords: *forwarder John Deere 1410D, first phase of transport, poplar, efficiency, unit costs.*

C O N T E N T S

Dorić, J., Klinar, I.	
ENTROPY EFFECT ON OUTPUT PARAMETERS IN POWERTRAIN OTTO IC ENGINE.....	1-10
Krstić, B., Krstić, V., Krstić, I	
TRENDS IN MOTOR VEHICLES POWER TURBO-TRANSMISSION DESIGN.....	11-19
Stojić, B., Časnji, F., Poznić, A.	
TRACTOR MECHATRONIC SYSTEMS IN SERVICE OF A CONTEMPORARY AGRICULTURAL PRODUCTION.....	21-29
Radonjić, R.	
THE PROBLEMS OF VEHICLE STEERING.....	31-37
Ružić, D., Časnji, F.	
IMPROVEMENT OF MICROCLIMATE CONDITIONS IN CAB OF AGRICULTURAL MACHINES BY USING LOCALIZED AIR DISTRIBUTION.....	39-47
Krstić, B., Krstić, I., Krstić, V.	
POSSIBILITY PREDICTION OF OPTIMAL MOTOR VEHICLES RESOURCES.....	49-58
Mileusnić, I.Z., Petrović, V.D., Miodragović, M.R., Dimitrijević, Aleksandra	
THE INFLUENCE OF EXPLOITATION CONDITIONS OF TRACTOR TO THEIR RELIABILITY AND LIFETIME.....	59-67
Radonjić, R., Janković, A., Antonijević, Đ.	
THE PARAMETERS OF AGRICULTURAL VEHICLE ACTIVE SAFETY.....	69-74
Oljača, V.M., Kovačević, D., Gligorević, K., Pajić, M., Dimitrovski, Z.	
ACCIDENTS WITH TRACTOR DRIVERS IN PUBLIC TRAFFIC OF REPUBLIC OF SERBIA.....	75-82
Dolenšek, M., Jerončič, R., Bernik, R., Oljača, V.M.	
TRACTORS ACCIDENTS IN SLOVENIA IN LAST THREE DECADES.....	83-88
Dimitrovski ,Z., Oljača, V.M., Gligorević ,K., Ružičić, L.	
ACCIDENTS WITH TRACTORS ON PUBLIC ROADS IN F.R.MACEDONIA.....	89-97
Danilović, M.	
LOG TRANSPORT OF THE SOFT DECIDUOUS TREES BY A FORWARDER JOHN DEERE 1410 D ON PLAIN TERRAIN.....	99-111



Предмет и намена: ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА је научни часопис који објављује резултате основних и примењених истраживања значајних за развој у области биотехнике, пољопривредне технике, енергетике, процесне технике и контроле, као и електронике и информатике у биљној и сточарској производњи и одговарајућој заштити, доради и преради пољопривредних производа, контроли и очувању животне средине, ревитализацији земљишта, прикупљању отпадака и њиховом рециклирању, односно коришћењу за производњу горива и сировина.

УПУТСТВО ЗА АУТОРЕ

Захваљујући вам на интересовању за часопис ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА молимо вас да се обратите Уредништву ако ова упутства не одговоре на сва ваша питања.

Рад доставити уписаној и електронској форми на адресу Уредништва

Часопис ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА
Пољопривредни факултет, Институт за пољопривредну технику
11080 Београд-Земун, Немањина б; п. фах 127 e-mail: pteditor@agrif.bg.ac.rs

У пропратном писму или на самом раду навести име аутора за даљу комуникацију: важећа адреса, број телефона и е-пошта.

Мада сви радови подлежу рецензији за оригиналност, квалитет и веродостојност података и резултата одговарају искључиво аутори. Подразумева се да рад није публикован раније и да је аутор регулисао објављивање рада с институцијом у којој је запослен.

Тип рада

Траже се оригинални научни радови и прегледни чланци. Прегледни радови треба да дају нове погледе, уопштавање и унификацију идеја у односу на одређени садржај и не би требало да буду превасходно изводи раније објављених радова. Поред тога, траже се и прелиминарни извештаји истраживања у форми краћих прилога. Ова врста прилога мора да садржи нека нова сазнања, методе или тех-нике који очигледно представљају нове домете у одговарајућој области. Кратки прилози објављиваће се у посебном делу часописа. У часопису је предвиђен прос-тор за приказе књига и информације о научним и стручним скуповима.

Рад треба да буде написан на српском језику, по могућству ћирилицом, а прихватају се и прилози на енглеском језику. Будући да су области пољопривредне технике интердисциплинарне, потребно је да бар увод буде писан разумљиво за шири круг читалаца, не само за оне који раде у одређеној ужој области. *Научни значај рада и његови закључци требало би да буду јасни већ у самом уводу* - то значи да није довољно дати само проблем који се изучава већ и његову историју, значај за науку и технологију, специфичне појаве за чији опис или испитивање могу бити употребљени резултати, као и осврт на општа питања на која рад може

да да одговор. Одсуство оваквог прилаза може да буде разлог неприхватања рада за објављивање.

Поступак ревизије

Сви радови подлежу ревизији ако уредник утврди да садржај рада није прикладан за часопис. У том случају се враћа аутору. Уредништво ће улагати напоре да се одлука о раду донесе у периоду краћем од два месеца и да прихваћени рад буде објављен у истој години када је први пут поднет.

Припрема рада

Рад треба да буде штампан на хартији стандардног А4 формата, с дуплим проредом. Дужина рада је ограничена на 20 страна, укључујући слике, табеле, литературу и остale прилоге.

Наслов - Наслов рада треба да буде кратак, описан и да одговара захтевима индексирања. Испод назива навести име сваког од аутора и установе у којој ради. Сугерише се да број аутора не буде већи од три, без обзира на категорију рада. Евентуално, шира прегледна саопштења могу се у том смислу посебно размочити, у току ревизије.

Апстракт - У изводу треба дати кратак садржај онога шта је у раду дато, главне резултате и закључке који следе из њих. Извод не треба да буде дужи од половине стране куцане с дуплим проредом. У изводу не треба користити скраћенице, математичке формуле или наводе литературе.

Литература - Листу литературе дати на посебном листу и такође с двоструким проредом. Референце треба да садрже аутора(е), назив, тачно име часописа или књиге и др., број страна од-до, издавача, место и датум издавања.

Табеле - Табеле треба бројати по реду појављивања. Свака табела мора да има означене све редове и колоне, укључујући и јединице у којима су величине дате, да би се могло разумети шта је у табели представљено. Свака табела мора да буде цитирана у тексту рада.

Слике - Слике треба да буду добrog квалитета укључујући ознаке на њима. Све слике по потреби треба да имају легенду. Објашњења симбола и мерне јединице треба да се дају у легендама слика. Све слике треба да буду цитиране у тексту. У случају посебних захтева треба се обратити Уредништву. Раније публиковане слике могу се послати само ако их прати и писмена сагласност аутора.

Математичке ознаке - У експоненту треба користити разломке уместо корена. Разломке у тексту писати искључиво с косом цртом а у једначинама кад год је то могуће. Једначине обележавати почињући с једначином (1), па даље редом до kraja rada.

ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА излази једном годишње као четвороброј, у издању Института за пољопривредну технику Потопривредног факултета у Београду. Претплата за 2011. годину износи 2.000 динара за институције, 500 динара за појединце и 100 динара за студенте.

На основу мишљења Министарства за науку и технологију Републике Србије по решењу бр. 413-00-606/96-01 од 24. 12. 1996. године, часопис ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА је ослобођен плаћања пореза на промет робе на мало.

МОГУЋНОСТИ И ОБАВЕЗЕ СУИЗДАВАЧА ЧАСОПИСА

У одређивању физиономије часописа ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА, припреми садржаја и финансирању његовог издавања, поред сарадника и претплатника (правних и физичких лица), значајну подршку Факултету дају и суиздавачи - радне организације, предузећа и друге установе из области на које се мисија часописа односи.

ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА је научни часопис који објављује резултате основних и примењених истраживања значајних за развој у области биотехнике, пољопривредне технике, енергетике, процесне технике и контроле, као и електронике и информатике у биљној и сточарској производњи и одговарајућој заштити, доради и преради пољопривредних производа, контроли и очувању животне средине, ревитализацији земљишта, прикупљању отпадака и њиховом рециклирању, односно коришћењу за производњу горива и сировина.

Права суиздавача

Суиздавач часописа може бити свако правно лице односно грађанско-правно лице, предузеће или установа које је заинтересовано за ширење и пласирање информација у области пољопривредне технике, односно науке, струке и других делатности од значаја за модерну пољопривредну производњу и производњу хране или модерније речено - за успостављање и развој одрживог ланца хране.

Фирма која жели да постане суиздавач, уплатом, једном годишње, на рачун издавача суме која је једнака отприлике износу 10 годишњих претплата стиче следећа права:

- Делегирање свога представника - стручњака у Савет часописа;
- У сваком издању часописа који излази једанпут годишње, као четвртоброј у тиражу од по 350 примерака, могуће је у форми рекламног додатка остварити право на бесплатно објављивање по једне целе страни свог огласа, а једном годишње та страна може да буде у пуној боји; Напомињемо овде да цена једне рекламино-информативне стране у пуној боји у једном броју износи 20.000 динара.
- Од сваког броја изашлог часописа бесплатно добија по 3 примерка;
- У сваком броју рекламног додатка му се објављује, пуни назив, логотип, адреса, бројеви телефона и факса и др., међу адресама суиздавача;

- Има право на бесплатно објављивање стручно-информационих прилога, производног програма, информација о производима, стручних чланака, вести и др.;

Како се постаје суиздавач часописа ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА

Пошто фирма изрази жељу да постане суиздавач, од ПОЉОПРИВРЕДНОГ ФАКУЛТЕТА добија четири примерка уговора о суиздавању потписана и оверена од стране издавача. Након потписивања са своје стране, суиздавач враћа два примерка Факултету, после чега прима фактуру на износ суиздавачког новчаног дела. Уговор се склапа са важношћу од једне (календарске) године, тј. односи се на два броја часописа.

Приликом враћања потписаних уговора суиздавач шаље уредништву и своју адресу, логотип, текст огласа и рукописе прилога које жeli да му се штампају, као и име свог представника у Савету часописа. На његово име стижу и бесплатни примерци часописа и сва друга пошта од издавача.

Суиздавачки део за часопис у 2011. год. износи 20.000 динара. Напомињемо, на крају, да суиздавачки статус једној фирмам пружа могућност да са Факултетом, односно уредништвом часописа, разговара и договара и друге послове, посебно у домену издаваштва.

Научно-стручно информативни медијум у правим рукама

Када се има на уму да часопис, са два обимна броја са информативно-стручним додатком, добија значајан број фирмам и појединача, треба веровати у велику моћ овог средства комуницирања са стручним и пословном јавношћу.

Наш часопис стиже у руке оних који познају области часописа и њима се баве, те је свака понуда коју он садржи упућена на праве особе. Већ та чињењица осмишљава бројне напоре и трајне резултате који стоје иза подухвата званог издавање часописа.

За сва подробнија обавештења о часопису, суиздаваштву, уговорању и др., обратите се на:

Уредништво часописа
ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА
Пољопривредни факултет,
Институт за пољопривредну технику
11080 Београд-Земун, Немањина 6, п. фах 127,
тел. (011)2194-606, факс: 3163317.
e-mail: peditor@agrif.bg.ac.rs