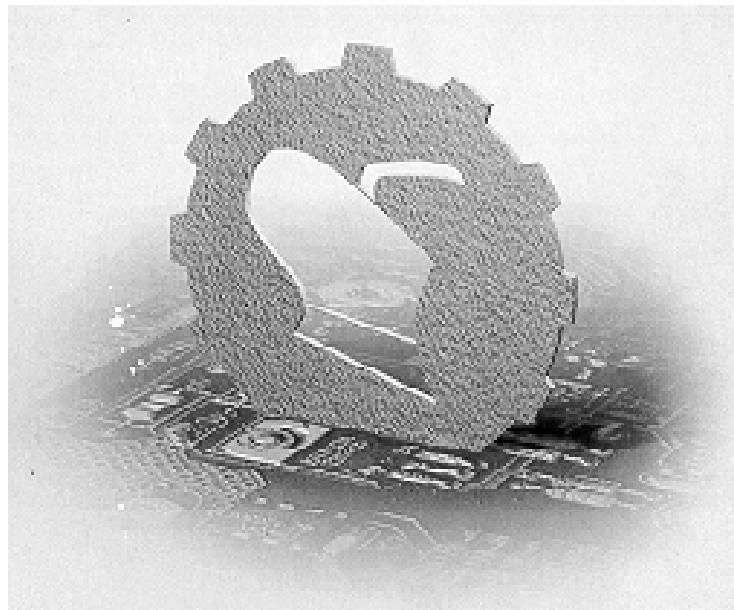


YU ISSN 0554 5587  
UDK 631 (059)

# ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА



ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ  
ИНСТИТУТ ЗА ПОЉОПРИВРЕДНУ ТЕХНИКУ



Година XXXIV, Број 1, децембар 2009.

**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, жири рачун: 840-1872666-79.

**За издавача:**

Небојша Ралевић

**Главни и одговорни уредник (Editor-in-Chief)**

Горан Тописировић, Пољопривредни факултет, Београд

**Техничка припрема (Technical arragment)**

Страхиња Ајтић, 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  
Vougiokos Stavros, Aristotle Universitz of Tessaloniki

Mihailov Nicolay, University of Rousse, Faculty of Electrical Enginering, Bulgaria  
Silvio Košutić, Faculty of Agriculture University of Zagreb, Croatia  
Škaljić 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 Радивојевић, 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  
Франц Коси, Машички факултет, Београд  
Драган Петровић, Пољопривредни факултет, Београд  
Горан Тописировић, Пољопривредни факултет, Београд  
Зоран Милеуснић, Пољопривредни факултет, Београд  
Милан Вељић, Машички факултет, Београд  
Драган Марковић, Машички 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)**

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

**Штампа:** "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 XIII научном скупу

## **АКТУЕЛНИ ПРОБЛЕМИ МЕХАНИЗАЦИЈЕ ПОЉОПРИВРЕДЕ 2009.**

### **Програмски одбор - Program board**

Проф. др Душан Радивојевић, председник  
Проф. др Мићо Ољача  
Проф. др Стева Божић  
Проф. др Ђуро Ерцеговић  
Проф. др Ђукан Вукић  
Проф. др Милан Ђевић  
Проф. др Мирко Урошевић  
Проф. др Драган Петровић  
Проф. др Раде Радојевић  
Проф. др Милован Живковић  
Доц. 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 Републике Србије  
Министарство пољопривреде, шумарства и водопривреде Републике Србије

### **Донатори - Donors**

Министарство пољопривреде, шумарства и водопривреде Р. Србије  
ИМЛЕК а.д. – Београд  
Good Year – Sava – Крањ  
Привредна комора града Београда  
GEA WestfaliaSurge Serbia d.o.o. - Београд  
Алмекс – Панчево  
Милуровић Комерц – Угриновци  
Societe Generale Group - SOGELEASE Srbija  
Amazone – Нови Сад  
MasFerg Agro – Нови Сад

### **Место одржавања - Place of meeting**

Пољопривредни факултет, Београд, **11.12.2009.**

### **Штампање ове публикације помогло је:**

Министарство за науку Републике Србије

## **РЕЧ УРЕДНИКА**

Часопис ПОЉОПРИВРЕДНА ТЕХНИКА, у својој мисији, односно, доприносу информацији и афирмацији области механизације пољопривреде, у укупном тиражу од четири броја 2009. године приказује радове који ће бити саопштени на скупу "Дан пољопривредне технике" 11.12.2009. године на Пољопривредном факултету у Београду - Земуну.

Укупни обим часописа обухвата 69 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 произвођача, 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 истиче 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.

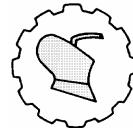
*Проф. др Горан Тописировић*



## S A D R Ž A J

Božidar Krstić, Ivan Krstić, Vojislav Krstić AKTUELNI TRENDVOI RAZVOJA I PRIMENE DIJAGNOSTIKE NA VOZILIMA .....	1
Božidar Krstić, Vojislav Krstić, Ivan Krstić DIJAGNOSTIKA VOZILA KAO OSNOVA NJIHOVOG ODRŽAVANJA .....	9
Predrag Petrović, Živorad Petrović OPŠTI PRISTUP ODRŽAVANJU MOTORA, SA ASPEKTA RADNIH FLUIDA POLJOPRIVREDNE I DRUGE MEHANIZACIJE U CILJU PRODUŽENJA VEKA I RACIONALNE EKSPLOATACIJE .....	17
Ratko Nikolić, Lazar Savin, Timofej Furman, Radojka Gligorić, Milan Tomić, Mirko Simikić ZNAČAJ KORIŠĆENJA BLOKADE DIFERENCIJALA TRAKTORA PRI ORANJU .....	27
Zoran I. Mileusnić, Milan S. Đević, Dragan V. Petrović, Rajko Miodragović, Milan Škrbić UTICAJ HODNOG SISTEMA NA NEKE EKSPLOATACIONE KARAKTERISTIKE TRAKTORA .....	35
Вера Џеровић СТАБИЛНОСТ ТРАКТОРА У КРИВИНИ .....	47
Aleksandar Ašonja ODRŽAVANJA KOTRLJAJNIH LEŽAJEVA NA POLJOPRIVREDnim MAŠINAMA .....	53
Miroљуб Трифуновић, Часлав Лачњевац, Радиша Перић КОРОЗИЈА И ЗАШТИТА ПОЉОПРИВРЕДНИХ МАШИНА .....	61
Zoran Dimitrovski, Mićo V. Oljača, Kosta Gligorević, Lazar N. Ružić NESREĆE SA TRAKTORIMA U POLJOPRIVREDI REPUBLIKE MAKEDONIJE ZA PERIOD 1999 – 2008. GODINA .....	71
Zoran Dimitrovski, Mićo V. Oljača, Kosta Gligorević, Lazar N. Ružić TRAGIČNE POSLEDICE NESREĆA SA TRAKTORIMA ZA PERIOD 1999 – 2008. GODINA U POLJOPRIVREDI REPUBLIKE MAKEDONIJE .....	79
Milan Đudurović, Biljana Vranješ KONSTRUKCISKE KARAKTERISTIKE ROTACIONOG MOTORA UNUTRAŠNJEG SAGORJEVANJA PROMJENLJIVE RADNE POVRŠINE – PRP (KKROMUS) .....	89
Rajko Radonjić SIMULIRANJE DINAMIČKIH KARAKTERISTIKA TRAKTORA .....	101

Branka Grozdanić, Zoran Grozdanić, Svetlana Vukas IMPLEMENTACIJE SENZORA ZA METROLOGIJU I PRENOS PODATAKA U INDUSTRIJI TRAKTORA .....	109
Kosta Gligorević, Mićo V. Oljača, Đukan Vukić, Ivan Zlatanović, Branko Radičević, Miloš Pajić, Rade Radojević, Vladimir M. Oljača, Zoran Dimitrovski PRIMENA CAN BUS MREŽA NA TRAKTORIMA I RADNIM MAŠINAMA .....	115
Branko Radičević, Đukan Vukić, Đuro Ercegović, Mićo Oljača OPTIČKI SENZORI I NJIHOVA PRIMENA NA POLJOPRIVREDNIM MAŠINAMA .....	123
Dragan Marković, Milan Veljić, Vojislav Simonović RAZVOJ REŠENJA ZA SOFTVERSKO UPRAVLJANJE BRZINOM SETVENIH PLOČA SEJALICA .....	137



UDK: 323.3

## AKTUELNI TREND OVI RAZVOJA I PRIMENE DIJAGNOSTIKE NA VOZILIMA

Božidar Krstić<sup>1</sup>, Ivan Krstić<sup>2</sup>, Vojislav Krstić<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mašinski fakultet u Kragujevcu, <sup>2</sup>Fakultet tehničkih nauka u K. Mitrovici,

<sup>3</sup>Saobraćajni fakultet u Beogradu

**Sadržaj:** U poslednje vreme pojavljuje se sve više efikasnih objektivnih metoda ocene tehničkog stanja mobilnih sistema, zasnovanih na primeni automatskih dijagnostičkih sistema. Automatizacija procesa dijagnostike značajno utiče na osnovne pokazatelje efektivnosti korišćenih mobilnih sistema. Zahvaljujući njoj, značajno se skraćuje vreme uspostavljanja dijagnoze, smanjuje potreba za visokim obrazovanjem operatora-dijagnostičara, snižavaju troškovi prncesa dijagnostike i sl. Predstavljanje rezultata dijagnosticiranja tehničkog stanja mobilnih sistema ostvaruje se primenom savremenih uređaja uz korišćenje odgovarajuće računarske tehnike.

**Ključne reči:** motorna vozila, dijagnostika

### 1. UVOD

Održavanje vozila ima zadatak da doprinese obezbeđenju uslova za njegovo normalno funkcionisanje. Sistem održavanja vozila karakteriše se nizom obeležja koncepcione, organizacijske i tehnološke prirode. Utvrđivanje stanja vozila predstavlja jedan od osnovnih zadataka koje treba rešavati u okviru njihovog održavanja. Pri tome posebno važnu ulogu ima mogućnost identifikacije manifestacija različitih vidova promene stanja. Primenom dijagnostičkih metoda utvrđuje se stvarno stanje vozila. Postavljanje dijagnoze predstavlja prvu fazu svake operacije održavanja vozila.

Početkom šezdesetih godina javila se ideja da se korisnicima stave na raspolaganju mogućnosti za utvrđivanje stanja vozila objektivnim dijagnostičkim metodama. Razlog primene dijagnostike jeste da se zapažanjem ili merenjem pojedinih manifestacija rada delova vozila prati stanje vozila i ukazuje na potrebu za održavanjem. Osnovni ciljevi primene dijagnostike su sprečiti pojavu otkaza, smanjiti troškove održavanja i povećati efikasnost korišćenja. U okviru dijagnostike se izučavaju, utvrđuju i klasificuju otkazi vozila, njihovih sklopova i delova, kao i njihovi simptomi, razvijaju metode i uredjaji sa ciljem utvrđivanja njihovog stanja.

Dijagnostika vozila je proces određivanja njegovog stanja i donošenja ocene o tom stanju, a na osnovu registrovanja simptoma, uključujući pri tome tri osnovne etape:

1) Utvrđivanje odstupanja dijagnostičkih simptoma i parametara od njihovih nominalnih vrednosti; 2) Analiza karaktera i uzroka pojave odstupanja dijagnostičkih simptoma i parametara od nominalnih vrednosti; 3) Utvrđivanje karakteristične veličine rada bez pojave otkaza (broj predjenih kilometara, broj časova rada).

Za objektivno utvrđivanje stanja vozila, neophodno je poznavati njegovu strukturu. Kao rezultat merenja dijagnostičkih parametara dobijaju se konkretnе vrednosti koje se upoređuju sa unapred utvrđenim kriterijumima, izraženim preko tzv. funkcije kriterijuma ili dijagnostičkog normativa. Na osnovu rezultata uporedjivanja donosi se zaključak o stanju. Ako je stanje u otkazu, onda se traži mesto i uzrok nastanka tog stanja.

Dijagnostički objekat može biti vozilo kao celina (onda je reč o opštoj dijagnostici), ili neki njegov sistem, mehanizam ili deo (tada se radi o tzv. lokalnoj dijagnostici). Dijagnostički objekat mora da omogući izvršavanje neophodnih dijagnostičkih radnji. Ovaj zahtev odnosi se na takozvanu "pogodnost za dijagnostiku".

Ciljevi ovog rada su: a) Ukažati na značaj i potrebu primene objektivnih dijagnostičkih metoda pri održavanju motornih vozila; b) Prikaz dijagnostičkih parametara i metoda koji se najčešće koriste pri održavanju motornih vozila; c) Prikaz primenljivih automatizovanih dijagnostičkih sistema kod motornih vozila.

## 2. DIJAGNOSTIČKI PARAMETRI I DIJAGNOSTIČKE METODE

Stanje vozila opisuje se tzv. dijagnostičkim parametrima, koji prvenstveno zavise od strukture vozila. Struktura vozila se izražava pomoću delova koji ga sačinjavaju, kao i pomoću veza izmedju tih delova, a zavisi od: broja i vrste delova koji sačinjavaju strukturu vozila; veličine i rasporeda delova; broja veza i vrste veza izmedju delova vozila i medusobnih interakcija izmedju delova. Strukturni parametri vozila mogu biti različite geometrijske veličine (dužinske mere, površina, zapremina i sl.), mehaničke veličine (masa, sila, pritisak, napon i sl.), vibroakustičke (amplituda, frekfrenčija, jačina zvuka i sl.), električne (napon, struja, otpor, kapacitet, induktivnost i sl.), toplotne (temperatura, provođenje toplotne, specifična toplota i sl.) i druge. Strukturni parametri, u suštini ne poseduju ni radne ni prateće procese, koji se odvijaju tokom korišćenja vozila, već samo opisuju ponašanje strukture.

Parametri izlaznih procesa ili tzv. dijagnostički parametri zavise od: 1) ulaznih karakteristika, tj. veličina pomoću kojih se iniciraju radni procesi; 2) osobina samih radnih procesa koji se odvijaju; 3) spoljašnjeg opterećenja i uslova okruženja u kojima vozilo izvršava svoju funkciju.

Kod vozila je česta pojava tzv. pratećih procesa koji nastaju kao posledica određenog radnog procesa, npr. u procesu kočenja oslobadja se toplotna energija koja nasrtaje transformacijom energije kretanja u kočionom mehanizmu. U ovom slučaju normalni radni proces je trenje dok je povećanje temperature delova kočnog mehanizma prateći proces. Veličine koje karakterišu oba pomenuta procesa mogu se uzeti za dijagnostičke parametre. Za dijagnostiku vozila, po pravilu, koriste se dijagnostički parametri koji su u isto vreme izlazne veličine radnih procesa, odnosno njegove performanse. Karakteristike izlaznih procesa (radnih i pratećih) mogu da se primene u dijagnostici kao dijagnostički parametri, odnosno kao veličine pomoću kojih može da se izražava stanje vozila. Da bi jedna veličina koja izražava izlazne karakteristike vozila

mogla da se upotrebi kao dijagnostički parametar, potrebno je da ta veličina ispunjava sledeće uslove: 1) Jednoznačnost, tj. svakoj vrednosti struktturnog parametra odgovara samo jedna, strogo određena vrednost izlaznih karakteristika; 2) Osetljivost izlazne karakteristike na promenu struktturnog parametra i 3) Mogućnost merenja performansi, odnosno drugih karakteristika izlaznih procesa.

Kod vozila postoji veliki broj veličina koje karakterišu izlazne procese, tj. veličine koje se mogu smatrati dijagnostičkim parametrom. Priroda ovih veličina može biti: geometrijska, mehanička, topotna, vibroakustička, hemijska i td.

Savremenu dijagnostiku vozila danas sačinjavaju objektivne metode utvrđivanja njihovog stanja, zasnovane na merenju dijagnostičkih parametara i uporedjivanju izmerenih vrednosti sa predhodno utvrđenim normativima. U okviru dijagnostike postoji potreba da se preciziraju stanja u kojima vozilo može da se nadje, imajući u vidu da dijagnostički parametri i njihove vrednosti predstavljaju kvantitativni i kvalitativni izraz tih stanja. Za utvrđivanje opšteg stanja vozila ili njegovih sistema koristi se opšta (funkcionalna) dijagnostička metoda. Ona kao rezultat daje ocenu o stanju vozila ("u radu" ili "u otkazu"). Na osnovu nje se donosi odluka o intervencijama u cilju njegovog prevodjenja iz stanja "u otkazu" u stanje "u radu" i prognozira mogućnost korišćenja u narednom periodu. Lokalna dijagnostika primenjuje se onda kada se želi, ne samo da se utvrdi stanje vozila u kome se nalazi dijagnostički objekat već i da se odredi vrsta otkaza, kao i mesto i uzrok njegovog nastanka. Univerzalne dijagnostičke metode zasnivaju se na onim principima koji su primenljivi pri dijagnosticiranju različitih delova i sklopova vozila. U grupu univerzalnih dijagnostičkih metoda ubrajaju se energetske, vibroakustičke, topotne i stroboskopske. Specijalne dijagnostičke metode su posebno razvijene za potrebe dijagnostike određenih delova i sklopova vozila. Pojedine dijagnostičke metode moguće je primeniti pri kretanju vozila po putu (putne), a druge (laboratorijske) za svoje izvodjenje zahtevaju laboratorijske uslove.

Karakteristike radnih i pratećih procesa, koji se odvijaju u vozilu su veličine kod kojih je odstupanje od propisane vrednosti vrlo verovatno. Zato se pri izražavanju dijagnostičkih parametara može govoriti o tzv. "nazivnim vrednostima", kao i o dozvoljenim odstupanjima od nazivnih vrednosti. Neophodno je utvrditi tzv. dijagnostički normativ, koji predstavlja meru performansi ili dijagnostičkih parametara u odnosu na nazivnu vrednost unutar koje se nalaze projektovane performanse vozila. Vozilo se često odlikuje radnom sposobnošću čak i kad se izlazne karakteristike nalaze izvan područja dozvoljenih odstupanja. Vozilo se tada nalazi u stanju u otkazu ali je još uvek radno sposobno. Mera ove sposobnosti vozila izražena je pomoću tzv. graničnih vrednosti dijagnostičkog parametra. Kada performanse padnu ispod graničnih vrednosti u potpunosti prestaje radna sposobnost vozila. Utvrđivanje trenutnog stanja vozila predstavlja jedan od osnovnih elemenata dijagnostike. Ocena stanja vozila ima svoju logičku opravdanost samo ako doprinosi sagledavanju njegove sposobnosti za rad u budućnosti. Dijagnostika je tehnologija koja je, sa jedne strane suštinski vezana za stanje sistema odnosno sam objekat dijagnosticiranja, a sa druge strane i za sistem održavanja usmeren na taj objekat radi obezbedjenja njegovog ispravnog funkcionisanja. To znači da dijagnostiku uvek treba posmatrati kao integralni deo svakog konkretnog sistema održavanja, odnosno primenjene tehnologije održavanja. Dijagnostika u sebi sadrži elemente i preventivnog i korektivnog karaktera. Ako postoji neispravnost vozila onda je zadatak dijagnostike da omogući da se nedvosmisleno utvrdi mesto i uzrok nastanka neispravnosti. Kada se primenom tehnologije korektivnog održavanja otkloni konkretna

neispravnost, nastaje logička potreba da se još jednom izvrši kontrola stanja radi provere da li je otkriveni nedostatak zaista otklonjen.

U dijagnostici motornih vozila najčešće su u primeni od univerzalnih metoda: energetske, vibroakustičke i toplotne, a od specijalnih metoda: geometrijske, električne, metode odredjivanja hermetičnosti radnih zapremina i metode za ocenu hemijskog sastava ili koncentracije štetnih materija.

Energetske metode dijagnostike motornih vozila odnose se na sve vidove utvrđivanja promena u radnim i pratećim procesima, kroz merenje performansi sistema i potrošnje pogonskih i drugih potrošnih materijala i tehničkih tečnosti. Ove metode se koriste u cilju donošenja opšte ocene o stanju vozila i njegovih sistema. Mogu se sprovoditi u stvarnim (putnim) uslovima ili u laboratoriji. Za laboratorijska ispitivanja prema ovoj metodi koriste se tzv. dijagnostički valjci, koji se široko primenjuju u oblasti ispitivanja vozila. Najčešće primenjivane energetske dijagnostičke metode kod vozila su: metode utvrđivanja stanja spojnica na osnovu parametara klizanja i metode odredjivanja karakteristika efikasnosti kočenja na osnovu merenja puta kočenja. Toplotne dijagnostičke metode se odnose na radne i prateće procese u kojima dolazi do promene toplotnih stanja delova. Kod ovih metoda, kao dijagnostički parametar vrlo često se koristi temperatura, odnosno njena promena kao i brzina te promene. Kod vozila vibroakustički precesi mogu biti radni i prateći. Kao dijagnostički signal, pri primeni vibroakustičke metode može da bude zvučni signal (nivo buke, odnosno neka zvučna manifestacija) ili vibracije (frekfencija i/ili amplituda oscilovanja). Primena ovih metoda moguća je kod svih mehanizama vozila kod kojih postoji relativno translatorno ili obrtno kretanje. Pri primeni geometrijske dijagnostičke metode vrši se utvrđivanje promena geometrijskih parametara odgovarajućih delova vozila. Njenom primenom proverava se geometrija upravljačkih točkova vozila, veličina zazora kod različitih mehanizama vozila, hodovi komandnih i izvršnih organa, provera slobodnog hoda točka upravljača, provera ugla predpaljenja i predubrizgavanja, hodovi kočnih i različitih servo cilindara i sl.

Dijagnostičke metode za odredjivanje stepena propuštanja ili hermetičnosti radne zapremine primenjuju se merenjem radnog pritiska u određenom radnom prostoru ili merenjem količine radnog fluida u određenom prostoru. Radi se o grupi postupaka koji se mogu primeniti kod većeg broja sistema vozila (motor, delovi hidrauličke i pneumatske instalacije kod sistema za kočenje, upravljanje, oslanjanje i sl., kod pneumatika i sl.). Za odredjivanje veličine i promene napona, struje, otpora i drugih električnih veličina koje se pojavljuju u električnoj ili elektronskoj opremi vozila koriste se električne dijagnostičke metode. Metode za ocenu hemijskog sastava ili koncentracije štetnih materija obuhvataju utvrđivanje sadržaja nečistoća u gorivu, ulju, izdunivoj emisiji i sl. Ove metode su posebno interesantne zbog sve oštrijih zahteva u pogledu zagadjujućeg dejstva izdunve emisije vozila. Maksimalno dozvoljeni sadržaj toksičnih komponenata u izdunivoj emisiji vozila zadat je odgovarajućim propisima. Postavljanje dijagnoze se u suštini svodi na uspostavljanje veze između analiziranog objekta i njegovog otkaza. Potpuno automatizovana dijagnostika podrazumeva sisteme opitnih stanica koje su opremljene robotizovanim uređajima za automatsku zamenu otkazalih ili neispravnih komponenata. Poluautomatizovana dijagnostika obuhvata računarski orientisane sisteme za postavljanje dijagnoze i izbor najboljeg načina otklanjanja neispravnosti kroz izdavanje odgovarajućih instrukcija korisniku ili održavaocu.

### **3. AUTOMATIZOVANI DIJAGNOSTIČKI SISTEMI MOTORNIH VOZILA**

Automatizovani dijagnostički sistemi (ADS) predstavljaju poslednju reč tehnike. Njihov je zadatak da, umesto vozača, obezbede objektivizirani, visokoprecizni i neprekidni nadzor nad radom vozila i njegovih pojedinih sistema. Automatizovani dijagnostički sistem, koji predstavlja neku vrstu robota, u suštini je namenjen vozaču - amateru, tj. tehnički nedovoljno obrazovanom ili neupućenom vozaču. Primenom takvog sistema postiže se da kvalitet održavanja vozila sve manje zavisi od samog korisnika, njegove obučenosti ili zainteresovanosti za pravilan rad i održavanje.

U slučaju pojave bilo kakve nepravilnosti u radu vozila, ADS upozorava vozača na potrebu da se izvrši odgovarajuća intervencija. Time ADS na sebe preuzima ulogu informatora o otkazu i prijavljivača otkaza. U krajnjem slučaju, on deluje preventivno, a nekad i onemogućava dalji rad vozila radi sprečavanja pojave veće neispravnosti ili havarije. Vozač obično i ne zna šta se, zašto i kako stvarno desilo na vozilu. On je samo obavešten da sa vozilom nešto nije u redu i da je neophodno da u zadatom roku zatraži stručnu pomoć, ili obustavi dalje korišćenje vozila radi eliminisanja opasnosti od nastanka ozbiljnijeg otkaza. Uporedo sa tim, ovi sistemi nadziru izvršenje plana periodičnih preventivnih održavanja, tako da upozoravaju vozača na neophodnost sprovodenja propisanih radnji i postupaka.

Automatizovani dijagnostički sistemi ne sprovode postupke održavanja vozila. Međutim, s obzirom na sve veće mogućnosti elektronike koja se primenjuje kod vozila, kao i logičku povezanost postupaka nadzora nad radom sistema sa automatizovanim postupcima upravljanja procesima, realno je očekivati da će ADS u bliskoj budućnosti biti integrirani i u sisteme automatizovanog upravljanja procesima. Ovo će omogućiti da se dijagnosticiranjem nadzire rad sistema, a automatskim upravljanjem izvršava podešavanje njegovog rada prema unapred definisanim izlazima u svim onim slučajevima kada to može da se postigne različitim sistemima automatizovanog podešavanja i sl. Ulogu interfejsa između ova dva sistema predstavlja procesor (računar) visoke sposobnosti upravljanja procesom na bazi ekspertnih sistema. Vozilo bliske budućnosti ima sve izglede da postane visoko automatizovano sredstvo. Ovo se odnosi na sisteme kontrole i upravljanja saobraćajem, odnosno upravljanja načinima kretanja vozila po određenoj saobraćajnici, kao i na postupke kontrole radnih i pratećih procesa koji se normalno odvijaju u toku rada vozila. Već danas postoje sistemi za sintezu govora, koji se ugrađuju u vozila. Oni obezbeđuju zvučnu signalizaciju imitacijom govora. Na taj način se vozaču ukazuje na nepravilnosti u radu sistema (pad pritiska ulja u motoru, pregrevanje motora, nedovoljan napon akumulatorske baterije, nedovoljan nivo kočne tečnosti, preterana istrošenost kočnih obloga, neispravnost elektroinstalacije i sl.). Sistemi za sintezu govora, takođe, imaju sposobnost da upozore vozača da je nivo goriva u rezervoaru na rezervi, da nisu dobro zatvorena vrata ili da nisu prikopčani sigurnosni pojasevi, da nije otpuštena parkirna kočnica i sl. Šira primena elektronike na vozilima će sigurno uticati na znatne promene u strukturi mikro i makrotehnoloških obeležja održavanja, jer će se veliki broj radnji odvijati automatizovano na samom vozilu, u toku njegovog normalnog rada. Ovde se pre svega misli na različita podešavanja, dotezanja i sl., što predstavlja značajan obim radova u svakom sistemu održavanja vozila. Naravno, u dogledno vreme nije realno očekivati da se na uobičajeni način rešavaju problemi

zamene istrošenih delova, a pogotovo ne i intervencije na polomljenim ili nasilno oštećenim delovima (pri havariji i sl.). Za uvođenje ADS nesporno je zaslužan intenzivan razvoj elektronike. Ova savremena tehnologija dijagnosticiranja ne bi mogla da se realizuje bez detaljnog poznавanja svih relevantnih elemenata dijagnostičkog sistema. Tu se pre svega misli na uspostavljanje veze između strukture sistema, dijagnostičkih parametara, odnosno parametara stanja i dijagnostičkih normativa, a zatim na merni sistem i dr. Tehnologije automatizovanog dijagnosticiranja vozila moraju da se tretiraju kao integralna komponenta projektovanja samog vozila. Projektovanje vozila, na bazi uvažavanja potrebe za njegovim održavanjem najbolje se realizuje kroz ovakve automatizovane sisteme. Time se značajno doprinosi ostvarenju visoke ugrađene pogodnosti održavanja. Primenjena rešenja, u ovoj oblasti, sigurno zavise od samog vozila kao i od drugih faktora.

Od ADS se očekuje da izlaznu informaciju selektivno saopštavaju kao instrukciju vozaču ili kao informaciju za sistem održavanja. Instrukcija vozaču se izdaje na način koji je za tu svrhu najprikladniji, primenom različitih audio ili vizuelnih signala, natpisa na ekranu i sl. Informacija za sistem održavanja je znatno kvalitetnija, sadržana na magnetnom medijumu (disk, magnetna traka i sl.), a prenosi se sistemu održavanja bilo putem priključenog interfejsa, ili direktnim prenosom baze podataka sa dotičnog magnetnog medija.

ADS preuzima od vozača funkciju nadzora nad radom sistema. ADS upozorava vozača na eventualnu pojavu nepravilnosti, nalažeći mu potrebu da se vozilo do određenog roka predala na održavanje servisu radi profesionalnog tretmana. Ovi sistemi igraju ulogu inteligentnih brojača jer upozoravaju korisnika i na potrebu da se poseti servis radi periodično-preventivnih održavanja, tj. i onda kada sistem nije neispravan, a stekli su se uslovi za sprovođenje preventivnog održavanja.

U tehnologijama preventivnog održavanja ukazuje se na različite mogućnosti formiranja tzv. planova periodičnopreventivnih održavanja (vreme rada, kalendarsko vreme, pređeni put i sl.) Funkcija inteligentnog brojača ogleda se u tome da procesoru koji je ugrađen u ADS, ili tzv. "on-board" kompjuteru može da se zada svaki plan održavanja, uključujući i svaku kombinaciju tih planova. Zavisno od načina rada, tj. zavisno od uslova korišćenja vozila, kompjuter će optimirati vreme do sledećeg redovnog preventivnog pregleda i o tome blagovremeno obaveštavati vozača/rukovaoca. Kada se vozilo, opremljeno ADS-om, nađe u servisu, cela se njegova istorija nalazi u bazi podataka. Ova baza je na sopstvenom magnetnom medijumu, a raspoloživa je servisu. Ona sadrži sve relevantne podatke o ponašanju sistema u prošlosti, tj. sve podatke koji bi mogli da budu od značaja za preventivno ili korektivno održavanje koje predstoji. Zavisno od uzroka preduzimanja određenih akcija održavanja, a imajući u vidu podatke iz istorije vozila, automatski se programiraju postupci održavanja koje tom prilikom treba izvršiti. Nakon izvršenja svih radova, relevantni podaci se saopštavaju "on-board" kompjuteru, koji ih memoriše i sprema za upotrebu u budućem periodu korišćenja vozila. Posmatrajući problem tehnologije dijagnosticiranja, sa stanovišta ADS, uočava se njegova potpuna integrisanost sa drugim tehnologijama održavanja. Rukovalac sistemom ili vozač, ovde ima specifičnu ulogu, koja se svodi na omogućavanje uspostavljanja fizičke veze između vozila i sistema održavanja. Ova veza se ostvaruje uvek kada rukovalac, na osnovu instrukcija dobijenih od ADS, prepusti servisu da rešava probleme na koje je ADS ukazao.

Danas je, međutim, još uvek veoma mali procenat vozila koji je opremljen ADS-om. Najveću populaciju predstavljaju ona vozila kod kojih nema ugrađenih dijagnostičkih davača, odnosno ona vozila koja imaju nisku ugrađenu pogodnost za dijagnostiku. Primena dijagnostičkih metoda u sistemima održavanja ovakvih vozila nije imanentna, tj. svaki sistem održavanja samostalno odlučuje o tome da li će i na koji način da u sistem održavanja uključi i tehnologije dijagnosticiranja u cilju kontrole stanja. Na osnovu takve odluke se onda rešavaju i pitanja iz oblasti projektovanja dijagnostike, odnosno odgovarajuće tehnologije. Ovde treba da se ima u vidu činjenica da kod većine vozila, uključujući i ona koja svojom konstrukcijom nisu ni najmanje prilagođena potrebama dijagnostike, ipak postoji mogućnost za priključenje dijagnostičkih mernih sistema, bilo da se radi o priključnim ili prikopčanim davačima. ADS je najnovija dijagnostička tehnologija. Klasični dijagnostički sistemi, zasnovani na principima priključenja mernog uređaja na objekt koji se dijagnosticira već odavno su u upotrebi. Kao što postoje velike razlike između vozila u pogledu namene, vrste, tipa i drugih relevantnih obeležja, tako postoje velike razlike i u pogledu mogućnosti za rešavanje tehnologija dijagnostike, zavisno od vozila kome je ona namenjena, sistema u kome se to vozilo koristi, a naročito i od sistema u kome se ono održava.

Rešavanje pojedinih specifičnih situacija, shodno tome, zahteva primenu posebnih znanja, relevantnih sa stanovišta svake konkretne situacije. Treba imati na umu da razvoj samog dijagnostičkog mernog uređaja, slično kao i razvoj ADS, počiva na multidisciplinarnim znanjima.

#### **4. ZAKLJUČAK**

Primena jedinstvenih metoda i uređaja za dijagnosticiranje celog vozila, zbog njegove složenosti, nije moguća. Sistemi vozila odlikuju se specifičnim radnim i pratećim procesima, zbog čega postoji objektivna potreba da se za svaki od njih primeni adekvatna dijagnostička metoda, uz odgovarajuću dijagnostičku opremu.

Cilj razvoja dijagnostičke opreme je da obezbedi maksimalnu objektivizaciju procesa utvrđivanja tehničkog stanja motornog vozila, odnosno dela vozila čije se stanje utvrđuje. Kod onih sistema motornog vozila, kod kojih elektronika nije zastupljena u znatnom obimu, za dijagnosticiranje se koriste, u velikoj meri, klasični dijagnostički sistemi.

#### **LITERATURA**

- [1] Ašonja A. Gligorić R.: Otkrivanje i eliminisanje vibracija na mašinskim sistemima sa obrtnim kretanjem, Poljoprivredna tehnika, Beograd, No.4, 2005.
- [2] Krstić B.: Tehnička eksploracija motornih vozila i motora, Mašinski fakultet, Kragujevac, 2009., str. 488.
- [3] Krstić B.: Automatizacija procesa dijagnostike motornih vozila , Poljoprivredna tehnika, Beograd, No.1, 2006.
- [4] Krstić B.: Dijagnostika motornih vozila kao osnova njihovog održavanja, Zbornik radova sa medjunarodnog skupa "Prevring", Beograd, 2002., str. 347-355.

## AKTUEL TRENDS DIAGNOSTIC IN VEHICLES DESING AND DEVELOPMENT

**Božidar Krstić<sup>1</sup>, Ivan Krstić<sup>2</sup>, Vojislav Krstić<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Faculty of Mechanical Engineering Kragujevac , <sup>2</sup>Faculty of Technical Science K. Mitrovica <sup>3</sup> Faculty of Transport and Traffic Engineering Belgrade,

**Abstract:** Lately there are more and more effective objective methods for evaluation of technical condition of mobile systems, based on implementation of automatic diagnostic systems.

Automatization of process of diagnostics significantly influences on the main indicators of effectiveness of used mobile systems. Owing to it, time for giving diagnosis is shorter, need for higher education of operator-diagnostician is reduced, costs of diagnostic process are decreased etc. Presentation of diagnostic results of technical condition of mobile systems is realized by application of modern devices with usage of adequate computer techniques.

**Key words:** motor vehicles, diagnostic



UDK: 629.11

## DIJAGNOSTIKA VOZILA KAO OSNOVA NJİHOVOG ODRŽAVANJA

Božidar Krstić<sup>1</sup>, Vojislav Krstić<sup>2</sup>, Ivan Krstić<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mašinski fakultet u Kragujevcu

<sup>2</sup>Saobraćajni fakultet u Beogradu

<sup>3</sup>Fakultet tehničkih nauka u K. Mitrovici

**Sadržaj:** U održavanju motornih vozila poseban problem predstavlja objektivno utvrđivanje stanja vitalnih komponenata i definisanje perioda njihove zamene, odnosno revitalizacije. Primena dijagnostičkih metoda radi utvrđivanja tehničkog stanja motornog vozila je značajna, naročito u dinamičkim režimima. Na primer: metoda dijagnostike kočenja - prema krivoj promene kočione sile na točkovima, dijagnostika motora sus - prema indikatorskom dijagramu, dijagnostika različitih mehanizama prema parametrima vibroakustičkih procesa i sl. Težište sadašnjih tema u oblasti vozila su na pouzdanosti složenih sistema i njihovoj dijagnostici. U radu su date mogućnosti primene objektivnih metoda dijagnostike pri utvrđivanju stanja motornih vozila.

**Ključne reči:** motorna vozila, dijagnostika.

### 1. UVOD

Da bi ispunila sve strožije zahteve i bila sposobna da izvrše sve složenije zadatke tokom korišćenja, savremena vozila su postala jako složena, sastavljena od velikog broja sastavnih delova. S druge strane, povećanjem broja delova, bez obzira na povećanje njihove pouzdanosti, pouzdanost celovitog vozila se smanjuje, a javljaju se i niz drugih problema u pokušaju da se obezbede i druge karakteristike efektivnosti (gotovost, raspoloživost, pogodnost održavanja i sl.). Pravilno održavanje, pri tome, i te kako može da doprinese rešavanju pomenutih problema. Dostignuća u oblasti teorije održavanja i u oblasti tehnologija održavanja omogućavaju pravilan izbor koncepcije, organizacije i tehnologije održavanja. U oblasti teorije i prakse održavanja vozila osnovni problem je utvrđivanje njegovog stanja. Pored potrebe da se detaljno sagledaju mogući otkazi vozila sa svojim uzrocima, neophodno je identifikovati i simptome raznih vidova promene stanja. Ukoliko je moguće izvršiti ovu identifikaciju i utvrditi trenutak nastale promene (pojave otkaza) mogu se utvrditi i negativni efekti nastalog otkaza na ukupnu efektivnost vozila.

Dijagnostika vozila predstavlja objektivnu metodu utvrđivanja stanja u kome se ono nalazi. Postavljanje dijagnoze je postupak koji predhodi svakoj operaciji održavanja, tj. predstavlja njenu prvu fazu. Dijagnostikom se uglavnom obuhvataju postupci utvrđivanja stanja i njegovih uzroka, koji se zasnivaju na primeni sredstava dijagnostike. U toku procesa korektivnog održavanja zahvalno je koristiti tzv. dijagnostike algoritma. Oni ukazuju na moguće načine otklanjanja uočenih neispravnosti (otkaza). Postavljanje dijagnoze služi da se utvrdi da li je vozilo ispravno ili ne i da se utvrde uzroci eventualne njegove neispravnosti. Znači, postavljanje dijagnoze vozila se, u suštini, svodi na uspostavljanje veze između vozila i njegovog otkaza i utvrđivanje stanja u kome se vozilo nalazi, a na osnovu unapred utvrđene funkcije kriterijuma. U toku procesa dijagnosticiranja neophodno je napraviti spisak simptoma i spisak otkaza koji mogu da se manifestuju preko navedenih simptoma. Pri tome, neophodno je utvrditi uzročno-posledične veze između simptoma i otkaza. Nazivi i načini otkrivanja otkaza moraju takođe biti precizno definisani. Kada su sve ove aktivnosti uspešno završene pristupa se formiraju dijagnostičkog algoritma. Ukoliko se predhodno definisani proces dijagnosticiranja automatizuje, onda se radi o tzv. automatizovanom dijagnostičkom sistemu. Jedna od najvažnijih komponenata logističke podrške korišćenja vozila jeste njegovo održavanje. Ako se to ima u vidu, onda je jasna potreba usavršavanja postupka održavanja.

Šezdesetih godina ovog veka došlo se na ideju neophodnosti utvrđivanja stanja vozila objektivnim, tzv. dijagnostičkim metodama. Lice koje sprovodi postupak dijagnosticiranja vozila mora da poznaje strukturu vozila i značenje mnogobrojnih simptoma da bi uspešno utvrdilo stanje u kome se vozilo nalazi.

Koncepcija održavanja vozila prema stanju je jedino ispravno, ali ne i uvek primenljiva.

Suvišno je govoriti o neophodnosti upotrebe najsavremenijih dijagnostičkih tehnologija i informatičkih sistema, jer njihovom primenom se povećava kvalitet korišćenja vozila i smanjuju ukupni troškovi njegovog životnog ciklusa. Dijagnostika je naučna disciplina koja se bavi istraživanjem veza između promena stanja tehničkih sistema (vozilo je tehnički sistem) i promena njegovih strukturnih parametara. Te promene se upoređuju sa unapred utvrđenim kvalitativnim i kvantitativnim kriterijumima. Na osnovu rezultata upoređenja, donosi se zaključak o stanju u kome se vozilo nalazi. Ako se vozilo nalazi u otkazu, onda se traži mesto i uzrok nastanka tog otkaza. Vozilo kao celina može biti dijagnostički objekat, ali i njegovi delovi (motor, kočni sistem, prenosnik snage, upravljački sistem i sl.). Dijagnostički objekat mora da bude pogodan za dijagnostiku.

## **2. SISTEMI SA SAMODIJAGNOSTIKOM MOTORNIH VOZILA**

Na vozilima se koriste različiti ugrađeni sistemi (ECU – Electronisaly Controled Units), kao što su razni uređaji za kontrolu rada motora, zatim uređaji koji utiču na povećanje bezbednosti, odnosno pomoću kojih se povećava udobnost, kao i komunikacijski uređaji. Primena svih ovih sistema nameće potrebu da se odgovarajuća pažnja pokloni i njihovom održavanju. Kod dijagnostike elektronske opreme vozila

javljaju se specifični problemi. Prilikom rada elektronskih sistema i komponenata moguća je pojava otkaza koji se veoma teško otkrivaju u radionici. Takve nepravilnosti su obično prolaznog i slučajnog karaktera, što otežava njihovo otkrivanje. Zbog toga, a zahvaljujući tehnički raspoloživim mogućnostima koje pruža sama elektronska oprema, došlo se do ideje da se za rešavanje problema u oblasti ispravnosti kod elektronskih komponenata vozila primene sistemi koji bi bili sposobni da utvrđuju sopstveno stanje elektronskog uređaja. Tako su nastali tzv. sistemi sa samodijagnostikom (SDS), koji se pretežno koriste za dijagnosticiranje električne i elektronske opreme vozila.

Značajna je uloga i primena sistema sa samodijagnostikom mada u tome postoje i izvesna ograničenja. Autodijagnostički sistemi koriste računarskoprocesne jedinice konkretnog elektronskog sistema. Elektronski računar upotrebljen u crnoj kutiji uređaja za elektronsko ubrizgavanje ili uređaja protiv blokiranja točkova pri kočenju napravljen je sa dovoljno rezerve u memoriji. U ove jedinice se integrišu posebne memorijске jedinice koje imaju zadatak da memorišu pojavu karakterističnih događaja koji se manifestuju u toku rada konkretnog elektronskog uređaja. Memorisanje takvih događaja vrši se pomoću odgovarajućih kodova, odnosno šifara za svaku vrstu neispravnosti.

Ovaj deo memorije radi na principu propuštanja, čime se ispituju signali koji dolaze od davača, odnosno signali koji se upućuju prema izvršnim organima. On, međutim, nije u stanju da donosi zaključke o stanju sistema. Taj deo memorije zadržava podatke o tome da li su se pojavile izvesne brojne vrednosti ili ne, ali nije u stanju da oceni da li one označavaju da je u sistemu nastao otkaz. Prilikom kasnijeg ispitivanja SDS-a koje se vrši u dijagnostičkoj radionici, oni emituju dijagnostički mlaz čiji kodovi moraju da budu prevedeni.

Sadržaj memorije se ne briše prilikom zaustavljanja motora, što omogućava njegovo kasnije čitanje u dijagnostičkoj radionici. Svaka neispravnost se registruje pomoću određenog koda, kojim se opisuje vrsta neispravnosti. Zbog toga što nisu u stanju da tumače zapis iz memorije, SDS se ne smatraju inteligentnim sistemima. Oni, takođe, nisu u stanju ni da ukažu na način otklanjanja neispravnosti. Čitanje sadržaja memorije SDS-a vrši se udijagnostičkoj radionici. Prevođenje sadržaja memorije iz forme kodova u opis događaja može da se vrši pomoću odgovarajućih pisanih rečnika ili primenom specijalnih uređaja. Ovi uređaji mogu da budu nezavisni (kao Autotest 3081 firme Technotest ili Multi-tester plus firme Autodiagnos), ili predstavljaju odgovarajuću perifernu jedinicu savremenih elektronskih dijagnostičkih stanica (sistemi Modula firme Souriau). Veza između SDS i specijalnog uređaja za čitanje dijagnostičkog mlaza obezbeđuje se odgovarajućim adaptacionim interfejsom. Upotreba specijalnih uređaja znatno je prikladnija, ne samo zbog brzine, već i zbog mogućih grešaka. Mehanički otkazi davača ili izvršnih organa mogu lako da zbune SDS. Zbog toga je prilikom čitanja dijagnostičkog mlaza potrebno izvršiti i dopunska ispitivanja, koja ne mogu da se vrše samo na osnovu pisanih uputstava. Ugrađeni SDS, koji su namenjeni dijagnostici elektronskih sistema kod vozila obično nisu u stanju da dijagnosticiraju anomalije koje bi mogle da nastanu u komandnom uređaju dotičnog elektronskog sistema. Takođe, ovi sistemi ne registruju povremene događaje slučajne prirode, kao što su prekidi u ožičenju i sl., ali su skloni da pamte niz nepotrebnih podataka o pretekim pojavama, koje nemaju veze sa stanjem analiziranog sistema.

Danas se radi na razvoju inteligentnih SDS namenjenih za ugradnju u vozilo. Radionički uređaj za dijagnostiku će se direktno vezivati za njega, bez potrebe da se ispituje korisnik ili mehaničar. Monitori takvih dijagnostičkih uređaja će sve više da prikazuju tekstove umesto brojeva. To će, naravno, biti opisi radova koje treba izvršiti. Savremena elektronska dijagnostička sredstva posebno su snažno razvijena za oblast dijagnostike motora i njegove opreme. U ovom pogledu se naročito ukazuje na SDS koji su integrirani u različite elektronske sisteme za motor, kao što su tranzistorsko ili integralno elektronsko paljenje (tipa Motronic, Digiplex, Microplex, Renix, Motorcraft DIS i sl.), elektronsko ubrizgavawe kod benzinskih (Mono-Jetronic, IAW, EEC IV i sl.) i dizel motora. Autodijagnostički sistemi su, takođe, integrirani i u celine i u sisteme protiv blokiranja odnosno proklizavanja točkova (kao ADR, Bendix i sl). Očigledno je da se kod vozila opremljenih SDS-om radi o slučajevima povećane pogodnosti vozila za dijagnostiku jer je, pored samog autodijagnostičkog sistema, neophodno da postoji i odgovarajući dijagnostički priključak. Preko njega se na SDS priključuje čitač događaja i njihovih kodova.

Uređaji za čitanje moraju da budu prilagođeni svakom konkretnom rešenju SDS-a, što donekle ograničava univerzalnost takvih uređaja. Zbog toga je neophodna bliska saradnja između proizvođača vozila, odnosno odgovarajućih elektronskih sistema za vozilo i proizvođača prikladne dijagnostičke opreme. Jedan od problema koji se time rešava jeste tipizacija otkaza i kodova pomoću kojih se ti otkazi identifikuju. Obično se nastoji da se mogući otkazi što bolje prognoziraju, zbog čega se predviđa i do desetak i više kodova za razne vrste otkaza samo za jedan sistem, kao što je npr. elektronska kontrola ubrizgavanja. Sve dok se ne postigne visoki stepen tipizacije otkaza i odgovarajućih kodova svaki uređaj za čitanje memorije SSD-a koji pretende da bude univerzalno primenljiv moraće da bude sposoban da koristi više rečnika, tj. različitih sistema za prevođenje kodova. Broj kodova za opisivanje neispravnosti koje se manifestuju u toku rada zavisi od osobina SDS-a. U nekim slučajevima memorija je u stanju da registruje sve neispravnosti koje se dogode u toku unapred određenog perioda rada, dok se kod drugih registruje samo onaj događaj koji je nastupio prvi. Prilikom dijagnosticiranja motora neophodno je da se zasebno ili jednovremeno dijagnosticiraju pojedini njegovi delovi. Tako se, recimo, prilikom dijagnosticiranja elektronskog paljenja pažnja usmerava na elektronska kola, sastav izduvnih gasova i režim rada motora, tj. broj obrtaja pri određenom punjenju. Sistemi sa samodijagnostikom kod elektronske regulacije ubrizgavanja za benzinske motore predstavljaju deo upravljačkog procesora. U njemu se memorišu incidenti koji se događaju u toku funkcionisanja sistema. Uz pomoć elektronske crne kutije veoma brzo se lokalizuju uzroci nepravilnog funkcionisanja sistema. Sistem registruje trajne i prolazne nepravilnosti.

Dijagnostički sistemi, koji se zasnivaju na primeni SDS nisu u stanju da upravljaju procesom otklanjanja neispravnosti. Oni ipak omogućavaju dijagnostičaru da naknadno, primenom određenih pisanih tehnoloških postupaka, otkloni otkaz koji je preko određenog koda naznačen od strane SDS-a. Pri tome se podrazumeva da sistem ukazuje na otkaze u komponentama, tj. funkcijama konkretnog elektronskog sistema. Na primer, ako se radi o otkazu sistema za regulaciju koeficijenta viška vazduha kod elektronskog ubrizgavanja (u vezi sa lambda sondom), ovaj otkaz se memoriše pomoću odgovarajuće šifre, odnosno koda.

Uzroci navedene neispravnosti mogu biti u sistemu za snabdevanje vazduhom, sistemu paljenja, sistemu snabdevanja gorivom, brizgaljkama, kratkom spoju kablova lamda-sonde, kao i u istrošenosti ili oštećenju same sonde.

### 3. DIJAGNOSTIČKE STANICE

Složenost strukture savremenih vozila predstavlja važan ograničavajući faktor u odnosu na univerzalnost dijagnostičke opreme, pogotovo ako se pod tim podrazumeva mogućnost da se klasična dijagnostička oprema primeni za utvrđivanje stanja najsvremenijih vozila, koja su sve češće opremljena raznovrsnim komplikovanim elektronskim sistemima.

Pri razvoju dijagnostičke opreme, vodi se računa o potrebi da se obezbedi visok nivo prikladnosti za upotrebu. Danas se u tehnologijama diagnosticiranja koriste savremeni, elektronski podržani dijagnostički sistemi, kao što su ADS ili SDS, koji su relativno usko specijalizovani, tj. prilagođeni potrebama vozila kome su namenjeni. U upotrebi su i konvencionalna dijagnostička sredstva, koja se odlikuju visokom univerzalnošću, kao što su npr. dinamometarski valjci, sredstva za dijagnostiku sistema za upravljanje i oslanjanje i sl.

U oblasti dijagnostike pogonskog motora vozila, primenom savremenih dijagnostičkih sistema, ostvareni su dobri rezultati. Kod drugih sistema vozila, primena savremene dijagnostičke opreme, je u manjem stepenu. Intenzivno se radi na praktičnoj primeni principa namernog izazivanja (stimulacija) i simuliranja otkaza. Ovi principi omogućavaju širu primenu dijagnostičkih sredstava ne samo kod pogonskog motora, već i pri utvrđivanju stanja ABSa, sistema za klimatizaciju vozila, elektronskih komandnih uređaja kod automatskih transmisija, aktivnog oslanjanja i sl. Sve više se radi na razvoju i primeni novih dijagnostičkih sistema koji su posebno prilagođeni za izvršenje različitih dijagnostičkih funkcija kod motornih vozila. Ovakvi dijagnostički sistemi su često modularnog tipa, a poznati su pod nazivom dijagnostičke stanice. Dijagnostičke stanice su uglavnom upravljane računaram.

Dijagnostičke stanice imaju osnovnu jedinicu, koja omogućava dijagnostičaru praktičan rad na utvrđivanju stanja vozila. Kod ovih stanica postoje i dopunski moduli koji su specijalizovani za analizu izduvnih gasova kod benzinskih ili dizel motora, čitanje dijagnostičkog mlaza kod auto-dijagnostičkih sistema i sl. Ako je osnovna jedinica dijagnostičke stanice namenjena za dijagnostiku kod putničkih vozila, onda postoje periferali koji omogućavaju i njeno prilagođavanje za potrebe dijagnostike kod privrednih vozila i suprotno.

Radi odgovora novim izazovima dijagnostike, koji su nametnuti primenom na vozilima veoma različitih i kompleksnih elektronskih sistema, proizvođači dijagnostičke opreme stalno rade na usavršavanju dijagnostičkih metoda i odgovarajućih uređaja. Dijagnostičke stanice se, u tom pogledu, odlikuju zapaženom inteligencijom, odnosno visokom pogodnošću za rad. U isto vreme, dijagnostičke stanice su jednostavne za rukovanje i odlikuju se velikom brzinom dobijanja vrednih rezultata ispitivanja. Ove stanice su univerzalne i omogućavaju da se prikupljanje informacija zasniva na principima ugrađene ili priključene dijagnostičke merne opreme. One prikladne za proširenje u cilju uvođenja inovacija. To se postiže bilo proširenjem osnovnog uređaja

dodavanjem mikroprocesora ili drugim modifikacijama, bilo dodavanjem novih perifernih jedinica. Na taj način je omogućeno da se savremene dijagnostičke stanice neprekidno adaptiraju prilagođavajući se budućem razvoju.

Dijagnostičke stanice su opremljene monitorima, štampačima, kao i prikladnim tastaturama. Monitori služe za vizuelnu komunikaciju sa dijagnostičarem, ukazujući mu na sve relevantne pokazatelje stanja, odnosno faze postupka koji se sprovodi i neophodne instrukcije za njegovo izvršenje. Monitori često imaju ulogu osciloskopa, pomoću kojih se u digitalizovanom obliku prikazuju analizirani analogni procesi. [tampači služe za izradu izveštaja o obavljenom utvrđivanju stanja, sa podacima o podešavanjima i drugim relevantnim podacima. Sve više su u primeni uređaji sa profesionalnim kompjuterskim tastaturama, što omogućava dijalog višeg nivoa između dijagnostičara i opreme, jer se tako u sistem mogu da uvedu i one veličine koje u njemu nisu memorisane, odnosno vrši se selekcija informacija koje treba stampati u izveštaju.

Prikљučci za dijagnostički merni sistem predstavljaju poseban problem savremene dijagnostike primenjene na vozilima. Teži se standardizaciji elektronskih priključaka, koji se koriste na vozilima, uključujući i dijagnostičke priključke. Savremene dijagnostičke stanice imaju niz prednosti u odnosu na SDS. One su u stanju da protumače svaki dijagnostički mlaz, na osnovu čega automatski donose zaključak o stvarnom otkazu i ukazuju na način njegovog otklanjanja. Savremene dijagnostičke stanice ne ograničavaju se samo na konstataciju o postojanju ili nepostojanju signala predstavlja jednu od njihovih ključnih prednosti u odnosu na SDS. Dijagnostička stanica obavlja ceo proces dijagnostike, prihvata na analizu dijagnostički mlaz, mereći dijagnostičke parametre koji ga karakterišu i upoređujući ih sa prethodno utvrđenim normativima. Posebno je značajna njihova visoka sposobnost jasnog ukazivanja na otkaz i njegove uzroke, odnosno način otklanjanja.

SDS pomaže prilikom otkrivanja nepravilnosti u radu, kao i pri alokaciji stvarnog otkaza, posebno kod sistema sa složenim funkcijama, kakvi su mnogi savremeni elektronski uređaji na vozilima. Sve to zahteva da postoji mogućnost za jasno uspostavljanje dijaloga između SDS i uređaja za očitavanje sadržaja njegove memorije. Naročito je važan dijalog sa mehaničarem, jer samo on može da izvrši potrebne postupke održavanja radi vraćanja sistema u stanje u radu. Postoje specijalni periferijski uređaji za dijagnostičke stanice koji su namenjeni baš za čitanje sadržaja memorije SDS. U isto vreme ovi uređaji imaju mogućnost simulacije stanja i ispitivanja simuliranog stanja, čime se vrši detekcija problema. Kada, npr. motor ne može da se pokrene, onda se ide na takav vid simulacije kojom se simulira baš takav otkaz, a onda se traže objašnjenja za njegov nastanak. Značajno je da osnovne jedinice dijagnostičkih stanica u vidu menija saopštavaju dijagnostičaru moguće opcije radova koje treba preduzeti. U opštem slučaju, tj. kod najvećeg broja dijagnostičkih stanica, osnovna jedinica omogućava različita merenja i kontrolu stanja bez izgradnje konkretnih elemenata sa vozila. Još od nastanka prvih dijagnostičkih sistema pojavio se problem dijaloga između čoveka i mašine, tj. upućivanja na prvi način izvršenja dijagnostike s obzirom na mnoštvo različitih mogućnosti za akviziciju signala, kao i u pogledu valjanog tumačenja dobijenih rezultata. Kvalitet dijagnosticiranja zavi od stepena obučenosti mehaničara-dijagnostičara.

Veliki je značaj postojanje baze podataka u okviru tzv. fleksibilnih servisnih sistema motornih vozila. U njima su smešteni podaci za podešavanje i druge relevantne brojne

vrednosti koje imaju karakter dijagnostičkih normativa ili proizvođačkih specifikacija. Banke podataka moraće da sadrže, ne samo opise pojedinih sastavnih delova vozila, nego i instrukcije o tome kako se otklanja određena neispravnost.

Kada je reč o dijalogu između čoveka i mašine, posebno treba da se ukaže i na dijalog između pojedinih elektronskih sistema koji se danas koriste u dijagnostici. Kod određenih dijagnostičkih sistema postoje različiti procesori koji mogu da se upotrebe za upravljanje procesima paljenja, snabdevanja gorivom, kočenja, oslanjanja, upravljanja i sl. Oni obično imaju dovoljno veliku memoriju, tako da mogu da pamte podatke o raznim događajima u toku rada tih uređaja. Međutim ovi procesori nisu dovoljno inteligentni da bi bili u stanju da tumače takve događaje. Zato postoji potreba da se omogući njihovo ispitivanje, kada se pregleda sadržaj memorije, radi utvrđivanja neispravnosti i uzroka njihove pojave. Ni jedan savremeni elektronski dijagnostički sistem nije dovoljno univerzalan. Zbog toga je za njihovu širu primenu neophodan viši nivo znanja rukovaoca, kao i viši nivo komunikacije između njega i dijagnostičkog sistema sa kojim radi. Sa stanovišta tačnosti podataka koji se dobijaju primenom savremenih dijagnostičkih stаницa naročito se ukazuje na činjenicu da svi elektronski dijagnostički sistemi imaju sposobnost autokontrole, odnosno samobaždarenja pre početka rada. Ako se, pri tom, uoči bilo kakva neispravnost, uređaj će automatski da na to upozori korisnika. Kod vozila koja nisu dovoljno prikladna za dijagnostiku, tj. koja nemaju dijagnostičke priključke, vrši se prikopčavanje pomoću standardizovanih elemenata za prikopčavanje, uvodi se klasični program dijagnostike, a dodobijeni rezultati se upoređuju sa pisanim proizvođačkim specifikacijama iz odgovarajućih kataloga. Mehaničar-dijagnostičar neposredno odlučuje o tome koje ispitivanje treba primeniti. Pri tome, izvršenje postupaka korektivnog karaktera radi otklanjanja uočenih neispravnosti obično se vrši na licu mesta. Uloga mehaničara je, u tome, nezamenljiva. U vezi sa predhodno datim napomenama o primeni ekspertnih sistema u oblasti dijagnostike motornih vozila, može se navesti primer dijagnostičkog sistema Sagem-Star 90, za vozila Renault. On je nastao na bazi jedne od prvih dijagnostičkih stаница sa mikroprocesorom iz 1976. godine. Kod ovog dijagnostičkog sistema se primenjuju dijagnostički softveri, koji se oslanjaju na tehnike iz oblasti veštačke inteligencije i upravljanja bazama podataka koje razvija Renault. Time se znanje stručwaka Renaulta stavlja na raspolaganje celoj mreži dijagnostičkih stаница. Sistem se stalno obnavlja novim tehničkim podacima. Interesantan je takođe dijagnostički sistem na bazi dijagnostičke stанице koji koristi firma Ford Motor Company. Reč se o sistemu SBDS (Service Bay Diagnostic System) za dijagnostiku motora, karburaciju i elektroubrizgavanje. Ova dijagnostička stаница omogućava rešavanje onih problema koji se najčešće javljaju, a čija dijagnostika je obično vrlo otežana. Postoji mogućnost proširenja priključivanjem na specijalni interfejs DCL (Data Communication Link) za čitanje dijagnostičkog mlaza. Sa druge strane, ovaj interfejs omogućava direktno uključivanje na centralni računar Ford-a, koji sadrži sve potrebne informacije. To je moćan dijagnostički računar, sa monitorom, tastaturom i čitačem kompakt diskova za dijagnostičke informacije. Pri tome se na vozilo povremeno ugrađuje specijalni merni sistem PVA (Portable Vehicle Analyser) koji registruje sve nepravilnosti u toku rada vozila. Podatke sadržane u PVA obrađuje SBDS. U sistemu postoji i jednostavan uređaj CFR (Customer Flight Recorder) koji ugrađuje sam korisnik, pomoću koga se otkrivaju povremene neispravnosti, koje se inače teško dijagnosticiraju.

#### 4. ZAKLJUČAK

Dijagnostika kompletног motornog vozila vrši se u posebno opremljenoj dijagnostičkoj radionici. Dijagnostička radionica treba da bude opremljena raznovrsnim dijagnostičkim sistemima, od kojih se neki koriste za opštu proveru stanja, kao što je npr. tzv.tehnički pregled. Sa povećanjem broja modela motornih vozila koji poseduju ADS i SDS, kao i sa povećanjem njihove raznovrsnosti, treba omogućiti povezivanje dijagnostičkih stanica sa bazama podataka, po mogućству, svih proizvođača čiji su modeli zastupljeni na području koje koristi usluge dijagnostičke radionice. U tome je od velike pomoć i kompjuterska informaciona mreža-internet.

#### LITERATURA

- [1] M. Oljača,...: Primena elektronskih komponenti na traktorima i radnim mašinama u funkciji povećanja kontrole sigurnosti i eksplatacije, Poljoprivredna tehnika, Beograd, No.1, 2005.
- [2] R. Radonjić: Mogućnost ispitivanja vanputnih vozila, Poljoprivredna tehnika, Beograd, No.1, 2008.
- [3] B. Krstić: Tehnicka eksplatacija motornih vozila i motora, Mašinski fakultet, Kragujevac, 2009., str. 488.

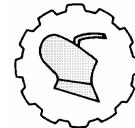
#### DIAGNOSTIC VEHICLES AS A BASIS MAINTENANCE

**Božidar Krstić<sup>1</sup>, Vojislav Krstić<sup>2</sup>, Ivan Krstić<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Faculty of Mechanical Engineering Kragujevac  
<sup>2</sup> Faculty of Transport and Traffic Engineering Belgrade  
<sup>3</sup> Faculty of Technical Science K. Mitrovica

**Abstract:** The special problem in the maintenance of motor vehicles is the objective identification of the state of vital components and definition of their replacement period or revitalization. Reliability of composite systems and its diagnostic are the main topic of current themes concerning vehicles. Application of diagnostic methods in order to define technical condition of motor vehicle is important, esp. in dynamic regime. For example, method of diagnostics of braking – according to curve, change in brake force on wheels, diagnostics of motor sus – according to indicator diagram, diagnostics of different mechanisms according to parameters of vibroacoustic process etc. This paper gives possibilities applications objective diagnostic methods, and it is implemented for the analysis of the state of a motors vehicle.

**Key words:** motor vehicles, diagnostic



UDK: 631.312.42.634.1

## OPŠTI PRISTUP ODRŽAVANJU MOTORA, SA ASPEKTA RADNIH FLUIDA POLJOPRIVREDNE I DRUGE MEHANIZACIJE U CILJU PRODUŽENJA Veka i RACIONALNE EKSPLOATACIJE

**Predrag Petrović\***, **Živorad Petrović\*\***

\**Institut „Kirilo Savić“ - Beograd*

\*\**Srednja tehnička škola - Zrenjanin*

**Sadržaj:** Svaki motor, projektovan je i proizveden sa težnjom da planirani vek trajanja bude što duži. Na dužinu tog veka, utiči mnogobrojni faktori, pre svega renome projektanta i proizvođača, zatim, izbor i realizacija tehnoloških postupaka i materijala, način eksplotacije, primena adekvatnih radnih mediuma (maziva, goriva, rashladnih sredstava, aditiva i dr.) i drugi faktori.

Primena odgovarajućih mediuma u eksplotaciji i njihova predviđena zamena u znatnoj meri mogu uticati na produženje veka motora, odnosno njihovih komponenata. Međutim, njihova neadekvatna primena, ili primena niskog kvaliteta, kao i neodgovarajućim produženjem intervala zamene, može doprineti smanjenju očekivanog veka trajanja motora i povećanju štetnih komponenata emisije izduvnih gasova.

U ovom radu je dat jedan opšti prikaz uticajnih faktora kvaliteta ulja, rashladnog fluida i drugih aditiva na održavanje i vek motora poljoprivredne i druge mehanizacije, a u cilju racionalne eksplotacije, kao i jedan globalni pristup aktuelnim mogućnostima smanjenja emisije izduvnih gasova.

**Ključne reči:** motor, kvalitet, ulje, rashladni fluid, aditivi, emisija, eksplotacija

### 1. UVOD

U toku eksplotacije motora dolazi do očekivane degradacije pre svega motornog ulja, zatim vremenske degradacije fluida za hlađenje motora, ulja za kočione i servo sisteme, aditiva i slično. Kontaminanti koji utiču na degradaciju ulja mogu biti u vidu čvrstih čestica, vode, goriva, vazduha i drugih kontaminata.

Pri eksplotaciji sa delimično ili potpuno degradiranim radnim mediumima i povećanjem intervala njihove zamene, može doći do pojava neželjenih posledica, kao što su povećano habanje delova, stvaranja nasлага i drugih taloga na delovima, pojava

erozije, korozije, kavitacije, pitinga, lomova i drugih vidova mehaničkih oštećenja, a time i narušavanja osnovnih funkcionalnih mera, ugrožavanja bezbednosti, pa čak u izvesnoj meri i pogoršanja štetnih komponenata emisije izduvnih gasova.

Prema nekim procenama danas u svetu deset segmenta pokriva 85% svetske potražnje za mazivima u svetu. Najveća tri segmenta su: proizvodnja metala, automobilska industrija i izrada metalnih proizvoda, a zatim proizvodnja hemijskih i farmaceutskih proizvoda, rudardtvo, proizvodnja opreme, hrane i pića, papira i štamparije, cementa, poljoprivredna, biljna i prehrambena industrija, aeroindustrija i dr.

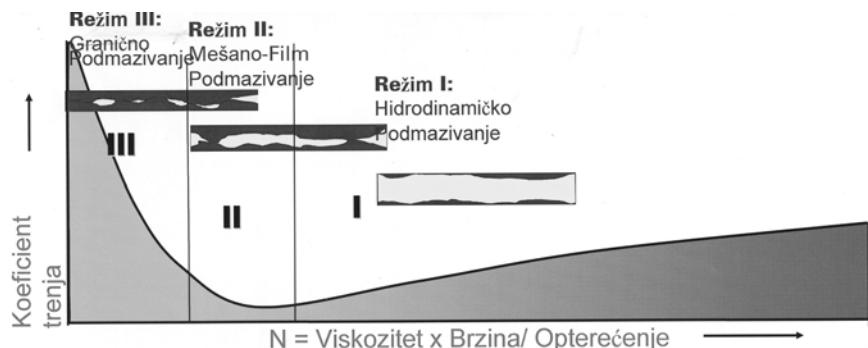
Važnost maziva i drugih media u održavanju mašina je neosporna, a glavni faktori uzroka mehaničkih zastoja i kvarova mašina su: nepravilno podmazivanje direktnog kontakta trenja metalnih površina-klizanje, kotrljanje, kontakt pod pritiskom i sl. (oko 43%), mehaničko habanje mašinskih komponenata (oko 9%), grešaka zbog nepravilnog sklapanja opreme ili grešaka u tolerancijama ili baždarenju (oko 27%) i ostalo (oko 21%).

## 2. TRENJE KAO FAKTOR RACIONALNOSTI EKSPLOATACIJE

Na racionalnost eksploracije i potrošnju ulja motora utiče veliki broj parametara, kao što su: konstrukcione karakteristike komponenata, izbor i karakteristike spregnutih materijala, kvalitet obrađenih površina, zazor spregnutih elemenata, gradijent međusobne temperature, kvalitet ulja i kvalitet samog podmazivanja, međusobno uravnoteženje, intenzitet rotacionih i pravolinijskih inercijalnih sila i dr.

Sama identifikacija trenja odnosno mehaničkih gubitaka, veoma je kompleksna oblast, koja zahteva studiozna i opsežna istraživanja uz primenu odgovarajućih metoda i uređaja.

Jedan opšti prikaz koeficijenata trenja prikazan je Stribekovim dijagramom na slici 1. Kada su u pitanju realni uslovi podmazivanja pojedinih sklopova motora, oni se uglavnom odvijaju u režimu II, odnosno mešovitom podmazivanju (ležaji bregastog i kolenastog vratila, sklop klip-cilindar, klipni prstenovi, ventili, bregovi bregastog vratila i dr.)



Slika 1. Vrste podmazivanja (Stribekov dijagram)

$$N = \text{Stribeck broj} = 10^8 \cdot \frac{V \cdot V}{n}, \text{ gde je:}$$

N - Stribekov broj (optimalna vrednost u oblasti 4-14)

v - viskoznost ulja. Za motorna ulja kinematska viskoznost na 100 °C je 3,8-16,3 mm<sup>2</sup>/s, pa i više.

v - brzina kretanja (s<sup>-1</sup>). Gradijent smicanja (brzina na pokretnom delu podeljena sa debljinom uljanog filma), kod praznog hoda iznosu 10<sup>-5</sup> (s<sup>-1</sup>), a pri punom opterećenju 10<sup>-6</sup> (s<sup>-1</sup>).

n - opterećenje u kontaktu. Za mineralna ulja iznosi do 200 (kg/m<sup>2</sup>), sa dodatkom aditiva (EP-Extreme Pressure) do 2000 (kg/m<sup>2</sup>), a sa dodatkom High Perfom Additive > 2000 (kg/m<sup>2</sup>).

Na koeficijent trenja može se uticati promenom sledećih parametara:

**Brzine-** (radni parametri),

**Viskoziteta-** (izbor maziva-debljina uljanog filma),

**Opterećenja-** (radni parametri) – izbor različitih paketa aditiva, u zavisnosti od opterećenja i vrste ostvarljivog načina podmazivanja),

**Temperature:** veoma bitna sa aspekta oksidacione stabilnosti i promene viskoziteta, odnosno životnog ciklusa maziva.

U slučajevima pojedinih komponenata motora, gde je odnos sile za ostvarivanje tangencijalnog kretanja i normalne sile, manji i koeficijent trenja je manji. Povećanjem tog odnosa povećava se i koeficijent trenja. U tom odnosu kod motora najmanji koeficijent trenja je na bregovima bregastog vratila, sa tendencijom povećanja kod ventilskog razvoda, klipnih prstenova, klip/cilindar i najveći kod ležaja kolenastog i bregastog vratila.

### 3. UTICAJ KVALITETA MAZIVA I DRUGIH FLUIDA NA FUNKCIONALNOST RADA MOTORA

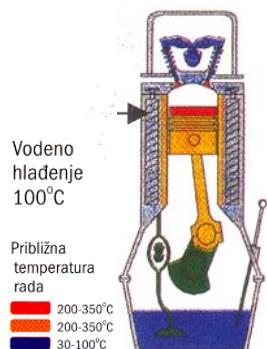
#### 3.1. Uticaj primene ulja različitog kvaliteta

Osnovni zadaci sistema podmazivanja motora su:

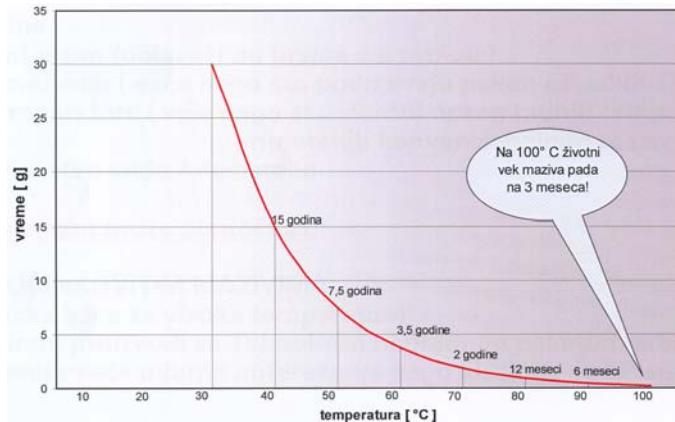
- smanjenje trenja između pokretnih pravolinijskih i rotirajućih delova motora,
- odvođenje toplove sa delova klipnog sklopa,
- poboljšanje zaptivanja uljanim filmom između klipnih prstenova i cilindra,
- amortizacija udara, postojanjem uljanog filma, promenljivih radnih i inercijalnih sila između pokretnih delova,
- čišćenje i pranje gareži sa delova motora u prostoru za sagorevanje,
- zaštita od korozije pri dejstvu kiselih taloga (sumpornih jedinjenja),
- obezbeđenje hlađenja ulja,
- održavanje konstantnosti količine ulja u sistemu za podmazivanje.

S obzirom da su uslovi rada motora veoma složeni, zbog odvijanja mnogobrojnih procesa, uz povišene temperature (slika 2), za njegov efikasan rad moraju se obezbediti adekvatni uslovi, pre svega u primeni kvalitetnog ulja za podmazivanje, kao i drugih radnih media.

Uticaj degradacije ulja, kao što je prikazano na slici 3, je u direktnoj vezi sa temperaturom, što je ona viša, vek eksploatacije je manji.

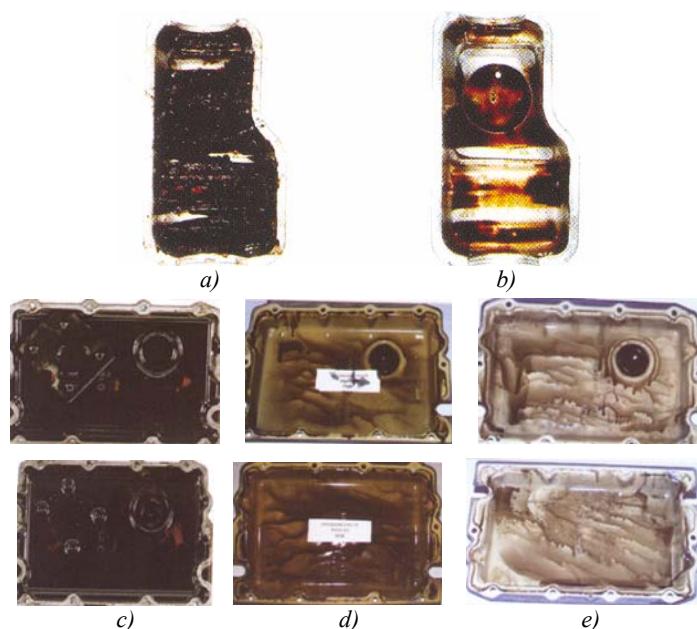


Slika 2. Opsezi radnih temperatura u motoru



Slika 3. Uticaj radne temperature na vek ulja

Nekvalitetno ulje ili primena ulja mimo preporuka proizvođača motora može dovesti do neželjenih posledica na pojedinim sklopovima i komponentama motora. Na slici 4, prikazani su primeri neprihvatljivog i prihvatljivog izgleda kartera jednog motora sa primenom niskokvalitetnog (a) i visokokvalitetnog (b), ulja sa povećanim intervalom zamene, a na slici 4 (c,d,e), izgledi kartera sa primenom tri tipa ulja različitih kvaliteta.



Slika 4. Izgled kartera motora pri primeni različitih kvaliteta ulja

Na slici 5, prikazani su primeri neprihvatljivog (a) i prihvatljivog (b) izgleda klipa primenom niskokvalitetnog i visokokvalitetnog ulja sa povećanim intervalom zamene.



Slika 5. Spoljašnji izgled klipa primenom niskokvalitetnog (a) i visokokvalitetnog (b) ulja

Sličan primer poklopca klackalica i klackalica, pod istim uslovima primene ulja, prikazan je na slici 6.



Slika 6. Spoljašnji izgled poklopca (a) i klackalica (b) nakon primene različitih kvaliteta ulja

### 3.2. Uticaj kvaliteta rashladnog sredstva na komponente motora

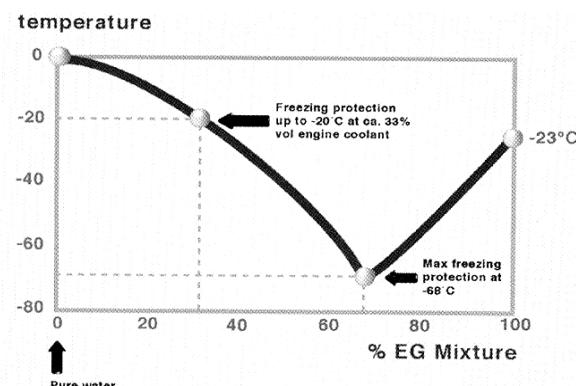
Kao što je poznato, zadatak rashladnog sredstva (antifriz), je da u svim uslovima eksploracije održava predviđenu radnu temperaturu motora.

Na tržištu postoji više vrsta tipova antifriza, od kojih su najviše u upotrebi sledeći:

- *Konvencionalni*, koji je na bazi neorganskih soli, zelene ili plave boje, sa preporučenim periodom zamene 1-2 g.
- *Hibridni*, koji je na bazi organskih i neorganskih soli, zelene ili fluoroscentno žute boje, sa preporučenim periodom zamene oko 3 g.
- *OAT*, je na bazi različitih organskih i karboksilinskih kiselina, narandžaste ili crvene boje, sa preporučenim periodom zamene oko 5 g.

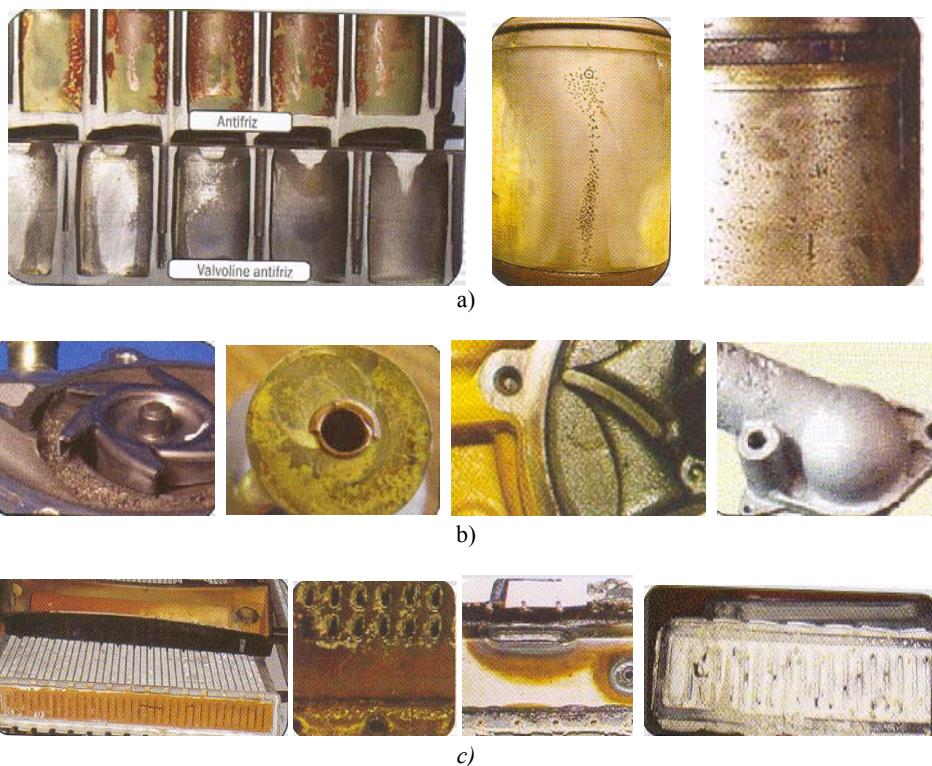
Opšte prihvaćeno mišljenje je, da se povećanjem napr. količine etilen-glikola (koncentrata antifriза) u mešavini sa vodom povećava tačka smrzavanja, što je apsolutno pogrešno. Najniža moguća tačka smrzavanja primenom konvencionalnog antifriза postiže se mešavinom 67% koncentrata i 33% vode i to do -68 °C, dok je tačka smrzavanja mešavine 50/50, između -38 i -40 °C.

Prikaz uticaja mešavine vode i koncentrata antifriiza na temperaturu smrzavanja, dat je na slici 7.



Slika 7. Zavisnost mešavine antifriiza i temperature smrzavanja

Problem se često manifestuje pri mešanju antifriza različitih tipova, odnosna baza, ili primene niskog kvaliteta, pri čemu se javljaju mnoge neželjene posledice (jake korozije, stvaranje naslaga, povećanje habanja delova sistema, kao što su: pumpa, zaptivači, semerinzi, termostat, cevi, priključci, smanjenje koeficijenta prenosa topline i dr. Takvim pristupom uzrok kvarova motora, prema nekim podacima može iznositi i do 22%. Primeri nekih mogućih oštećenja delova motora i sistema za hlađenje, primenom neadekvatnih sredstava, prikazani su na slici 8.

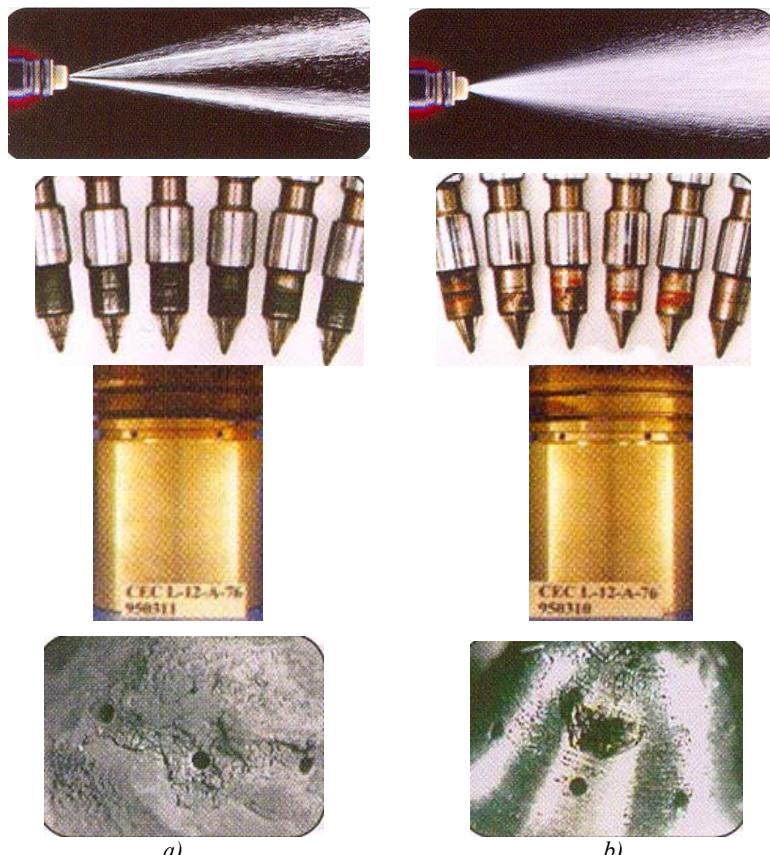


*Slika 8. Spoljni izgled komponenata i sistema za hlađenje motora neadekvatnom primenom rashladnog fluida a) košuljice, b) delovi pumpe, c) hladnjak*

### 3.3. Uticaj čistoće sistema za gorivo na održavanje i rad motora

Čistoća sistema za napajanje gorivom je veoma bitna, jer smanjuje vreme zastoja rada motora, smanjuje habanje, poboljšava raspršivanje, time i smanjenje potrošnje goriva, povećava funkcionalne performanse motora, smanjuje emisiju štetnih gasova, smanjuje troškove održavanja, a povećava profit, smanjuje potrošnju ulja i sl.

Nesistematskim održavanjem čistoće sistema za ubrizgavanje gorivom ili primenom neadekvatnih sredstava, može doći do izvesnih oštećenja delova sistema, od kojih su neka prikazana na slici 9.

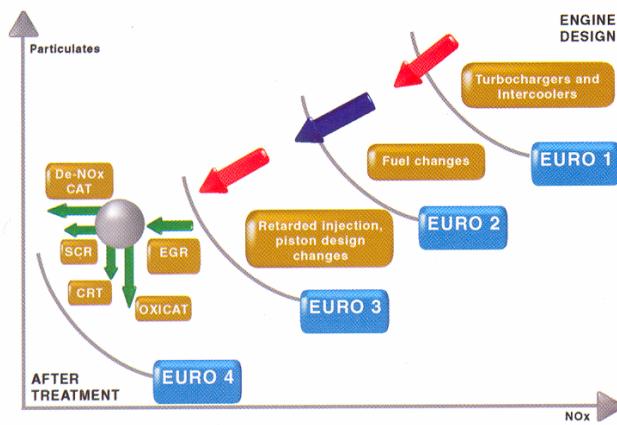


Slika 9. Prikaz oštećenja (a), i dobrog održavanja (b), nekih komponenata motora (brizgaljki i klipa sa i bez primene aditiva u gorivu)

#### 4. TEHNOLOŠKA REŠENJA ZA ZADOVOLJENJE ZAKONSKIH PROPISA O EMISIJI

Zagadenje vazduha, vode i zemljišta su neželjene promene fizičkih, hemijskih, bioloških i drugih svojstava životne sredine, koje nepovoljno deluju na stanovništvo i narušavanje EKO sistema. Kada su u pitanju motori svih aplikacija, definisani su globalni standardi u cilju smanjenja štetnih komponenata emisije izdavnih gasova. U Evropi, od donošenja prvih, pa do danas, za emisije dizel i benzinskih motora, iste su trpele mnogobrojne dopune i promene. U standardima za emisiju vanputne mehanizacije prihvaćena je direktiva 2004/26/EC, a za poljoprivrednu i drvnu industriju, direktiva 2005/13/EC, s tim da se faza III uskcesivno uvodi od 2006. do 2013., a faza IV da stupi na snagu 2014. S tim da se obe faze primenjuju samo na novu mehanizaciju i opremu.

Globalni standardi za smanjenje emisije, primorali su proizvođače motora za iznalaženje različitih tehnoloških rešenja u tom pravcu, a pre svega u smanjenju PM (Particulate Materialsa čestica) i NO<sub>x</sub> (azotni oksidi), koja su prikazana na slici 10.



Slika 10. Prikaz EURO normativa i pojedinih konstrukcionih rešenja za smanjenje PM i  $NO_x$

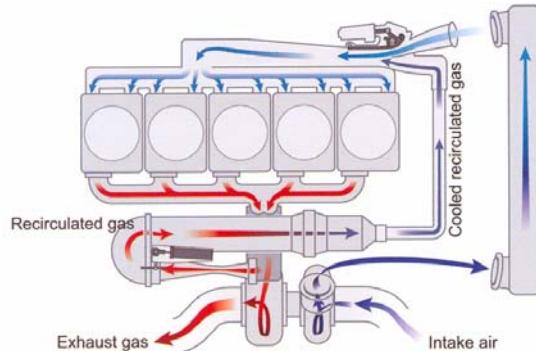
**EGR** - (Exhaust Gas Recirculation), sistem recirculacije izduvnih gasova u cilju smanjenja  $NO_x$ .

**SCR** - (Selektive Catalytic Reduction), sistem selektivne katalitičke redukcije za smanjenje  $NO_x$ .

**CRT** - (Continuously Regenerating Trap), uređaj za hvatanje čestica sa varijantom DPF (Diesel Particulate Filter).

**De- $NO_x$  CAT** - katalizator azotnih oksida, OXICAT-oksidacioni katalizator.

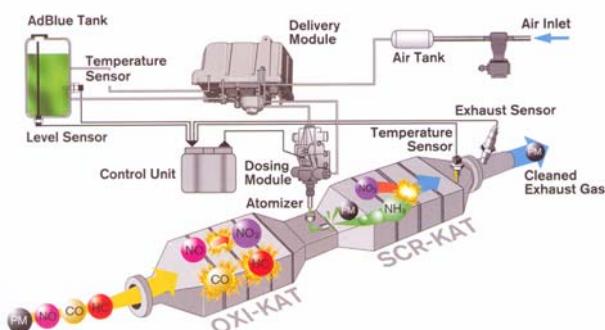
Uređaj za recirkulaciju izduvnih gasova, koji je prikazan na slici 11, koristi osiromašene kiseonikom izduvne gasove, meša se sa svežim vazduhom, usisava i dovodi u motor, a time, uz nižu temperaturu u cilindru, formiraju se i manje količine azotnih oksida.



Slika 11. Šematski prikaz recirkulacije izduvnih gasova

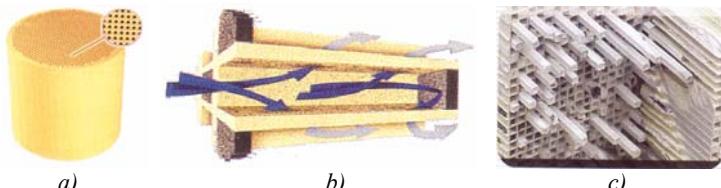
Ovaj sistem ima i svojih nedostataka, koji se manifestuju uvođenjem čadi iz izduvnih gasova u cilindar, čime se utiče na povećanje čadi i u motornom ulju, ubrzava osiromašenje TBN-a i smanjuje sadržaj SAPS-a. Zbog toga ovaj sistem zahteva korišćenje savremenih, visokokvalitetnih ulja sa povećanim svojstvima disperzije čadi i većom sposobnošću zadržavanja TBN-a.

Selektivna katalitička redukcija (SCR) započinje uz pomoć topote, pretvaranjem azotnog oksida ( $\text{NO}_x$ ) u azotni dioksid ( $\text{NO}_x$ ) koji inicira smanjenje temperature u fazi dodavanja uree koja  $\text{NO}_2$  pretvara u azot i vodu ( $\text{NO} + \text{NO}_2 + 2\text{NH}_3 \rightarrow 2\text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ ). Šema selektivne katalitičke redukcije prikazana je na slici 12.



Slika 12. Šema selektivne katalitičke redukcije (SCR)

U okviru tehnoloških rešenja tzv. naknadnih tretmana, u primeni su pored odgovarajućih apsorbera, termičkih i katalitičkih reaktora u primeni su i tzv. hvatači filter čestica (DPF), sa aktivnom i pasivnom regeneracijom. Primenom ovih uređaja moguće je uticati samo na emisiju produkata nepotpunog sagorevanja dizel motora (CO, HC, i čestice). Na slici 13 (a,b), prikazan je izgled filtera čestica čadi, koje sagorevaju na temperaturi izduvnih gasova ili se koriste katalizatori koji snižavaju temperaturu sagorevanja čestica korišćenjem plemenitih metala (platina, rodijum ili paladijum).



Slika 13. Prikaz filtera čestica dizel motora

Međutim, sulfatni pepeo iz motornog ulja može uzrokovati začepljenje pepelom fine strukture DPF-a, što rezultuje porastom povratnog pritiska i povećanjem potrošnje goriva (slika 13c). Zbog toga motori koji koriste DPF filtere ne mogu da koriste standardna ulja, već zahtevaju primenu potpuno novih tipova ulja u kojima je količina metalnih deterdženata smanjena, kao i sadržaj sumpora.

## 5. ZAKLJUČAK

Izboru svih radnih media mobilnih i stacionarnih mašina različitih aplikacija, mora da se posveti posebna pažnja primeni, samo onih mediuma koji su atestirani od strane proizvođača motora i drugih vidova vozila i mehanizacije i da su u skladu sa međunarodnim specifikacijama i standardima. Na našem tržištu pojavljuje se veliki broj motornih ulja, rashladnih sredstava i drugih media neproverenog kvaliteta, čija primena može veoma negativno da utiče na komponente u njihovom kontaktu, pa time i do povećanja troškova održavanja i eksploatacije motora i motornih vozila, poljoprivredne i druge mehanizacije.

## LITERATURA

- [1] Petrović P., Marković Lj.: *Interakcija motora i motornih ulja.* monografija, 2007, Beograd.
- [2] Petrović P., Timotijević Z., Manojlović S., Ivljanin Z.: *Istraživanje mazivih masti za podmazivanje ležaja železničkih vozila za konvencionalne brzine.* 11 International Conference on Tribology, "Serbiatrib 09", 13-15. May 2009, Belgrade.
- [3] Petrović P., Mijuća D., Timotijević Z., Manojlović S.: *Podmazivanje venaca točkova železničkih vozila u cilju smanjenja habanja i otpora kotrljanja.* XIII-ta Naučno- stručna konferencija o železnici "Želkon '08", 09-10. oktobar 2008, Niš.
- [4] Publikacija: *Valvoline - Katalog Heavy Duty proizvoda.*
- [5] Publikacija: *TCO-Total Cost of Ownership, Castrol, bp, ARAL,* april 2007, Vrњачка Banja.
- [6] Petrović P., Marković Lj., Savić V.: *Održavanje potrebnog stepena kontaminacije ulja dizel motora i traktorskih sistema.* Časopis "Traktori i pogonske mašine", Vol. XI, br. 3/4, decembar 2006.
- [7] Marković Lj., Petrović P., Radojević N.: *Razmatranje potrošnje motorskog ulja dizel motora.* IX-ti Naučno-stručni skup DPT/2005, Aktuelni problemi mehanizacije poljoprivrede, "Poljoprivredna tehnika", br.1, decembar. 2005.
- [8] Kolb M., Baćevac S., Petrović P., Marković Lj.: *Analiza ulja u cilju utvrđivanja perioda zamene u dizel motorima* XII-ti Naučni skup, 02. decembar 2005, Novi Sad, br. 5, Vol.10, časopis JUMTO-a "Traktori i pogonske mašine".

## GENERAL APPROACH TO ENGINE MAINTENANCE IN VIEW OF WORKING FLUID OF AGRICULTURAL AND OTHER MECHANIZATION IN ORDER TO EXTEND LIFETIME AND RATIONAL EXPLOITATION

**Predrag Petrović\*, Živorad Petrović\*\***

\*Institute "Kirilo Savic" - Belgrade

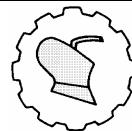
\*\*Technical school - Zrenjanin

**Abstract:** Every IC engine is designed and produced with an intention to enable the planned lifetime to be as long as possible. The lifetime is influenced by numerous factors such as reputation of designers and producers, the choice and realization of technical methods and materials, manner of exploitation, using adequate working mediums (lubricants, fuels, liquid coolants, additives etc.) and other factors.

The application of appropriate mediums in exploitation and their required change may significantly influence the extension of the IC engines and its components lifetime. However, the improper application of the mediums or low quality application and / or prolonged change time may cause a reduction in expected engine lifetime and increasing of toxic components in exhaust emission.

In this paper a general approach is given to analyses of significant factors of oil quality, liquid coolant quality and other additives quality and the influence of these factors on the maintenance and lifetime of agricultural and other mechanization engines in order to enhance rational exploitation, as well as a global approach is given to actual possibilities in exhaust emission control.

**Key words:** *IC engine, maintenance, oil, liquid coolant, additives, exhaust emission, exploitation.*



UDK: 631.1

## ZNAČAJ KORIŠĆENJA BLOKADE DIFERENCIJALA TRAKTORA PRI ORANJU

Ratko Nikolić, Lazar Savin, Timofej Furman, Radojka Gligorić,  
Milan Tomić, Mirko Simikić

*Poljoprivredni fakultet, Novi Sad*

**Sadržaj:** U radu su izloženi rezltati istraživanja ponašanja traktora pri oranju i kretanju u brazdi i van brazde. Potom je definisan značaj blokade diferencijala pri kretanju traktora u brazdi. Prikazana je i finansijska prednost korišćenja blokade diferencijala pri oranju i kretanju desnih točkova u brazdi.

**Ključne reči:** *traktor, oranje, blokada difrencijala.*

### 1. UVOD

Poljoprivreda Srbije raspolaže sa oko 5.092.000 ha poljoprivrednog zemljišta od čega je u privatnom vlasništvu 4.103.000 ha ili 80,57%. Zasejane površine, koje se oru najmanje jedanput godišnje su 3.095.000 ha ili 60,78%, (SGS, 2008.). U 2008 godini korišćeno je oko 320.000 dvoosovinskih traktora od toga u preduzećima i zdrugama 6.279 komada i 313.721 komada na individuelnim gazdinstvima ili 98,04%, Nikolić (2008). Prema istraživanjima iz 2004 godine oko 76,35% su traktori snage do 37 kW, koji su uglavnom sa pogonom na zadnje točkove i starijih konstrukcija gde je primenjena standardna mehanička blokada diferencijala. Kod individuelnih gazdinstava zastupljenost ovih traktora je nešto veća 78,33%, Nikolić (2004). Semenov i Vlasenko su 1989 godine objavili rad gde su konstatovali da se sa blokadom difrencijala ostvaruje veća vučna sila za 37,5% u odnosu na korišćenje traktora bez blokade diferencijala. Stoga je ovaj rad posvećen razmatranju:

- određivanja dinamičke adhezije težine traktora na zadnjim točkovima
- ostvarenju vučne sile sa i bez blokade diferencijala pri oranju i
- moguće uštede korišćenjem blokade diferencijala pri oranju.

### 2. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

U cilju definisanja prednosti korišćenja blokade diferencijala pri korišćenju traktora u oranju koncepcije (4x2)S potrebno je:

- odrediti dinamičko opterećenje traktora na prednjem i zadnjem mostu
- odrediti dinamičko opterećenje levog i desnog zadnjeg točka pri kretanju desnih točkova po dnu brazde i potom
- definisati eksploracione efekte traktora u oranju i kretanju van brazde, u brazdi bez blokade i u brazdi sa blokadom diferencijala.

Pri ovom razmatranju, pri kretanju traktora van brazde, svi točkovi kreću se po zemljištu koje je obrađeno na dubinu od 10-15 cm, pri čemu je koeficijent neto vuče  $\varphi_{no} = 0,32$ .

Pri kretanju traktora sa desnim točkovima u brazdi koeficijent vuče je različit za točkove van brazde i u brazdi. Levi točkovi traktora kreću se po obrađenom zemljištu sa koeficijentom neto vuče  $\varphi_{no} = 0,32$  a desni kreću se po dnu brazde, gde su uslovi vuče bolji i koeficijent neto vuče je  $\varphi_{nb} = 0,45$ , sa blokadom diferencijala, Nikolić (1984.). Proizilazi da je koeficijent neto vuče, za točkove u brazdi veći za 28,29% jer su uslovi kretanja znatno povoljniji nego van brazde. Koeficijent otpora kretanja traktora na obrađenom zemljištu je  $f_o = 0,150$ , a pri kretanju po dnu brazde  $f_b = 0,055$ .

### **Određivanje dinamičkog opterećenja na prednjem i zadnjem mostu traktora**

Pri radu traktora (4x2)S sa vučenim oruđima na nagibu ( $\alpha$ ) i ubraznom kretanju dejstvo sila prikazano je slici 1. Suma momenata sila u odnosu na tačku (2) ima oblik:

$$Y_p = (L + e_p) + Y_z \cdot e_z + G \sin \alpha \cdot h_t + F_i \cdot h_t + R \cos \theta \cdot h'_p - G \cos \alpha \cdot L_z = 0 \quad (1)$$

Ako  $Y_z \cdot e_z$  i  $Y_p \cdot e_p$  zamenimo sa momentom otpora  $M_{fp}$  i  $M_{fz}$  a potom njihov zbir sa  $M_f$  iz jednačine 1, sledi jednačina za određivanje dinamičkog opterećenja na prednjem mostu ( $Y_p$ ),

a za određivanje dinamičkog opterećenja na zadnjem mostu koristimo da je  $\cos \theta = 1$  i potom iz sume svih vertikalnih sila dobijemo jednačine za  $Y_z$ .

$$Y_p = \frac{G \cos \alpha \cdot L_z - (G \sin \alpha + F_i) h_t - R \cdot h'_p - M_f}{L} \quad (2)$$

$$Y_z = \frac{G \cos \alpha \cdot (L - L_z) + (G \sin \alpha + F_i) h_t + R \cdot h'_p + M_f}{L} + R \sin \theta \quad (3)$$

Pri ravnomernom kretanju traktora na horizontalnoj podlozi dobijaju oblik:

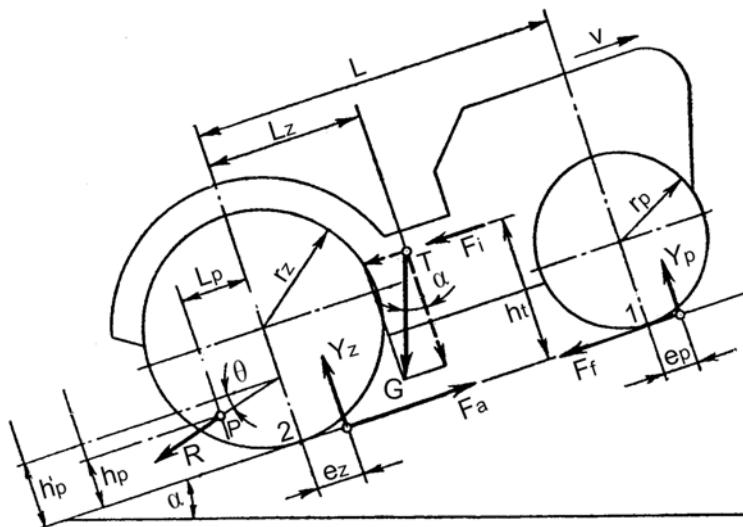
$$Y_p = \frac{G \cdot L_z - R \cdot h'_p - M_f}{L} \quad (4)$$

$$Y_z = \frac{G(L - L_z) + R \cdot h'_p + M_f}{L} + R \sin \theta \quad (5)$$

Pri mirovanju traktora dobijamo jednačine za određivanje statičkog opterećenja na prednjem i zadnjem mostu:

$$Y_{ps} = G \cdot \frac{L_z}{L} \quad (6)$$

$$Y_{zs} = G \cdot \frac{L - L_z}{L} \quad (7)$$



Slika 1. Dejstvo sila na traktor pri kretanju na usponu

Pri radu traktora sa nošenim plugom i ravnomernim kretanjem na horizontalnoj podlozi jednačine imaju oblik:

$$Y_p = \frac{G \cdot L_z - R_h \cdot \operatorname{tg} \theta \cdot L_p - M_f}{L} \quad (8)$$

$$Y_z = \frac{G(L - L_z) + R_h \cdot \operatorname{tg} \theta \cdot (L + L_p) + M_f}{L} \quad (9)$$

#### Određivanje dinamičkog opterećenja levog i desnog točka traktora pri kretanju u brazdi

Na slici 2 prikazano je dejstvo sila na traktoru pri oranju sa nošenim plugom bez potpornog točka i ravnomernim kretanjem na horizontalnom zemljištu.

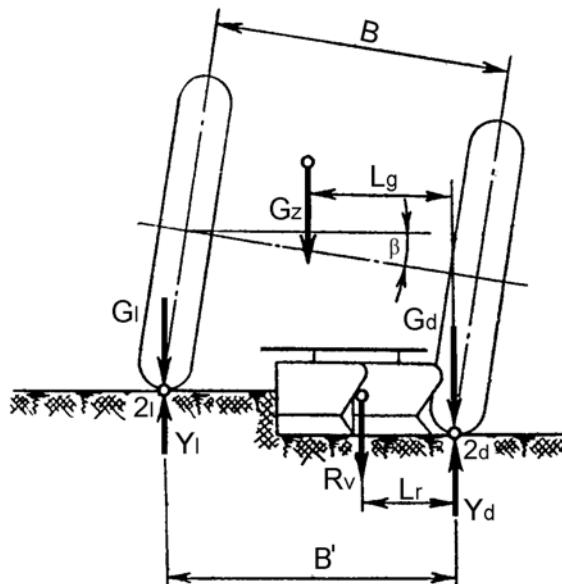
Na slici 2 vertikalna komponenta otpora pluga ima oblik:

$$R_v = R_h \cdot \operatorname{tg} \theta \cdot \frac{L + L_p}{L} \quad (10)$$

Ako postavimo sumu momenata svih sila koje deluju na traktor za tačku 2d, a potom i za tačku 2l, dobijemo jednačine za izračunavanje dinamičkog opterećenja na levom i desnom točku zadnjeg mosta.

$$Y_{zl} = \frac{G(L - L_z) \cdot L_g + R_h \cdot \operatorname{tg}\theta \cdot (L + L_p) \cdot L_r}{B \cos \beta \left( L - \frac{M_f}{Y_z} \right)} \quad (11)$$

$$Y_{zd} = \frac{G(L - L_z) (B \cos \beta - L_g) + R_h \cdot \operatorname{tg}\theta \cdot (L + L_p) (B \cos \beta - L_r)}{B \cos \beta \left( L - \frac{M_f}{Y_z} \right)} \quad (12)$$

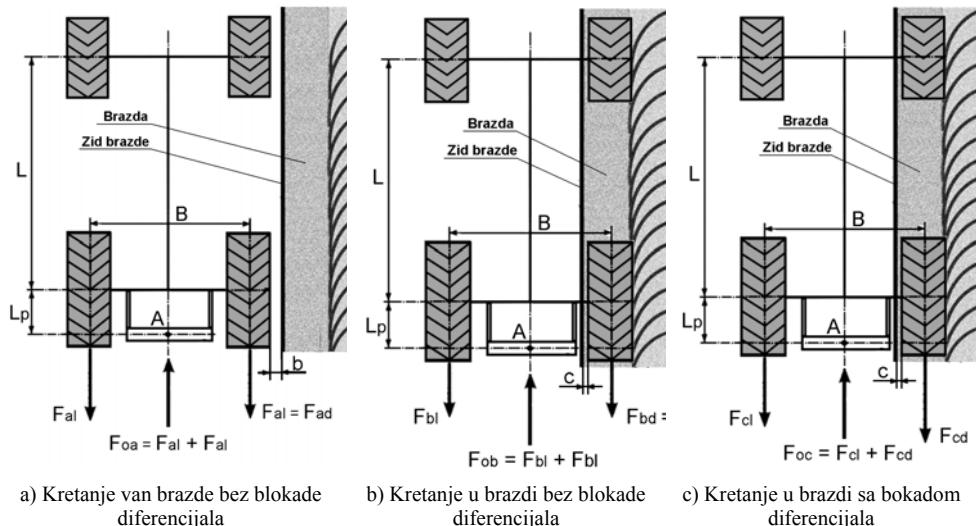


Slika 2. Šema određivanja normalnih reakcija zemljišta koje deluju na pogonske točkove traktora pri oranju sa nošenim plugom

#### Definisanje eksploatacionih efekata traktora u oranju sa i bez blokade diferencijala

Na slici 3 prikazana je šema kretanja traktora pri oranju i to:

- a) Kretanje van brazde po plitko obrađenom zemljištu
- b) Kretanje u brazdi bez blokade diferencijala
- c) Kretanje u brazdi sa blokadom diferencijala



Slika 3. Uticaj blokade diferencijala na vučnu silu traktora

Slučaj (a):

Neto vučna sila koja se razvija u kontaktu točkova sa zemljištem pri kretanju traktora van brazde može se izračunati prema jednačini:

$$F_a = F_l + F_d = \frac{Y_z}{2} \cdot \varphi_{no} + \frac{Y_z}{2} \cdot \varphi_{no} = Y_z \cdot \varphi_{no} \quad (13)$$

Slučaj (b):

Neto vučna sila koja se razvija u kontaktu točkova sa zemljištem pri kretanju traktora u brazdi bez blokade diferencijala može se izračunati prema jednačini:

$$F_b = F_l + F_d = Y_{zl} \cdot \varphi_{no} + Y_{zd} \cdot \varphi_{no} = 2Y_{zl} \cdot \varphi_{no} \quad (14)$$

Slučaj (c):

Neto vučna sila koja se razvija u kontaktu točkova sa zemljištem pri kretanju traktora u brazdi sa blokadom diferencijala može se izračunati prema jednačini:

$$F_c = F_l + F_d = Y_{zl} \cdot \varphi_{no} + Y_{zd} \cdot \varphi_{nb} \quad (15)$$

Usvojimo podatke za traktor i uslove kretanja za izračunavanje analiziranih parametara:

traktor (4x2)S;  $G = 3500 \text{ daN}$ ;  $L_z = 0,70 \text{ m}$ ;  $h_p = 0,40 \text{ m}$ ;  $M_f = 280 \text{ daNm}$ ;  $R_h = 1200 \text{ daN}$ ;  $\theta = 10^\circ$ ;  $L_p = 0,50 \text{ m}$ ;  $B = 1,80 \text{ m}$ ;  $G_z = 2330 \text{ daN}$ ;  $L_g = 0,80 \text{ m}$ ;  $a = 0,25 \text{ m}$ ;  $L_r = 0,30 \text{ m}$ ;  $\varphi_{no} = 0,32$ ;  $\varphi_{nb} = 0,45$ ;  $f_o = 0,150$ ;  $f_b = 0,055$ ;  $k = 0,7 \text{ daN/cm}^2$ ;  $B_p = 0,60 \text{ m}$ ;  $\beta = 9^\circ$ ;  $L = 2,30 \text{ m}$ ;  $f = 0,1$ .

Na osnovu datih podataka i pomoću izvedenih jednačina izračunato je dinamičko opterećenje na zadnjem levom točku  $Y_{zl} = 1141,39 \text{ daN}$ , a na desnom  $Y_{zd} = 1674,71 \text{ daN}$  i ukupno  $2816,10 \text{ daN}$ .

### **Eksplotacioni efekti**

Korišćenjem jednačina 13,14 i 15 mogu se izračunati eksplotacioni efekti i vučna sila. Pri kretanju traktora van brazde vučna sila je

$$F_a = Y_z \cdot \varphi_{no} = 2816,1 \cdot 0,32 = 901,15 \text{ daN}.$$

Pri kretanju traktora u brazdi bez korišćenja blokade diferencijala vučna sila je

$$F_b = 2 \cdot Y_{zl} \cdot \varphi_{no} = 2 \cdot 1141,39 \cdot 0,32 = 730,49 \text{ daN},$$

a sa blokadom diferencijala

$$F_c = Y_{zl} \cdot \varphi_{no} + Y_{zd} \cdot \varphi_{nb} = 1141,39 \cdot 0,32 + 1674,71 \cdot 0,45 = 1073,13 \text{ daN}.$$

Iz ove analize proizilazi da se blokadom diferencijala traktora pri oranju i kretanjem u brazdi ostvaruje veća vučna sila za oko 46,91% u odnosu na rad bez blokade diferencijala. Pri specifičnom otporu zemljišta od 0,7 daN/cm<sup>2</sup>, traktor sa blokadom diferencijala pri dubini oranja od 25 cm ostvaruje manje troškove za 20-30%.

### **3. ZAKLJUČAK**

Na osnovu sprovedenih istraživanja mogu se izvesti sledeći zaključci:

- formirane su jednačine za izračunavanje dinamičkog opterećenja na točkovima traktora napred i nazad,
- potom su definisane jednačine za izračunavanje dinamičkog opterećenja na levom i desnom točku zadnjeg mosta traktora pri kretanju u brazdi i
- za usvojene podatke traktora utvrđeno je povećanje vučne sile za 46,91%.

### **LITERATURA**

- [1] Nikolić R. et al: Opremanje poljoprivrede mehanizacijom u 2005 godini, Traktori i pogonske mašine, Vol.9, No. 5, p. 7-20, 2004.
- [2] Nikolić R.: Optimizacija parametara poljoprivrednih traktora u cilju određivanja racionalnog sastava mašinskog parka, Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 1984.
- [3] Guskov V.V.: Traktori teorija, Moskva, Mašinostroenie, 1988, p. 375.
- [4] GrečenkoA.: Teorie nejvyšší vykonnosti traktoru s pluhem, Zemedelska technika, 1979, p. 513-533.
- [5] GrečenkoA.: Vypočet parametru kolových traktoru s nejvyšší vykonnosti v orbe, Zemedelska technika, 1979, p. 683-700.
- [6] Semenov M. V., Vlasenko N.V.: Traktor, Moskva vo. agropromizdat, 1989, p. 351.
- [7] SGS. 08. Statički godišnjak, Republički zavod za statistiku, Beograd, 2008.
- [8] Nikolić R. et al: Stanje i opremanje poljoprivrede mehanizacijom u 2009 godini, Traktori i pogonske mašine, Vol.13, No. 5, p. 6-21, 2008.

## **IMPORTANCE OF USAGE OF TRACTOR DIFFERENTIAL LOCK DURING PLOUGHING**

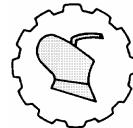
**Ratko Nikolić, Lazar Savin, Timofeј Furman, Radojka Gligorić,  
Milan Tomić, Mirko Simikić**

*Faculty of Agriculture, Novi Sad*

**Abstract:** The results of research of tractor behavior during ploughing and movement in furrow and out of furrow were presented in this paper. Afterwards the importance of usage of tractor differential lock during movement in the furrow was defined. The financial advantages of usage of tractor differential lock during ploughing and movement of right wheel in furrow were presented in the end.

**Key words:** *tractor, differential, lock, ploughing.*





UDK: 631.372

## UTICAJ HODNOG SISTEMA NA NEKE EKSPLOATACIONE KARAKTERISTIKE TRAKTORA

Zoran I. Mileusnić, Milan S. Đević, Dragan V. Petrović,  
Rajko Miodragović, Milan Škrbić

*Poljoprivredni fakultet, Beograd-Zemun*

**Sadržaj:** U radu su prikazani osnovni tipovi hodnih sistema traktora i njihove najvažnije karakteristike. Vučna i upravljačka svojstva traktora ostvaruju se preko adhezije hodnog sistema i podloge na dodirnoj površi/sloju. Stoga su analizirani najuticajniji pripadajući faktori kao što su: adhezija  $\varphi$ , odnosno efikasnost prianjanja hodnog sistema na podlogu, koeficijent otpora (trenja) kotrljanja  $f$  i klizanje hodnog sistema  $\lambda$ . Kao rezultat poređenja vučnih i upravljačkih svojstava različitih traktora i analize navedenih relevantnih parametara, utvrđene su međusobne prednosti i nedostaci pripadajućih hodnih sistema i predložene oblasti njihove optimalne primene.

**Ključne reči:** traktor, adhezija, klizanje, otpor kretanja, hodni sistemi, točak, gusenica.

### 1. UVOD

Hodni sistem traktora preuzima snagu motora preko prenosnika pogona, te u dodiru s podlogom ostvaruje silu za sopstveno kretanje i vuču dodatnih agregata. U najvećem broju slučajeva to se ostvaruje točkovima, pored njih se koriste gumene, a danas su najređe u primeni metalne gusenice.

Pneumatički su oko 1930. godine uvedeni u oblast poljoprivredne mehanizacije. Time počinje nova era u razvoju traktora, koji sve više postaje univerzalna radna i vučno-transportna mašina. Pojedina ispitivanja su pokazala da adekvatni izbor pneumatika u odnosu na uslove eksploatacije može povećati stepen iskorišćenja traktora za 18% [9].

Gusenični sistem kretanja je prvi put primenjen 1912. godine kao sistem za sigurno kretanje vojnih vozila, raznih tipova tenkova, po različitim teško prohodnim terenima. Do danas, konstrukcija čelične gusenice je stalno usavršavana. Korištene su i za druga vozila, od poljoprivrednih i građevinskih mašina, do posebnih vozila namenjenih kretanju u uslovima dubokog snega i neprohodnih močvarnih terena.

U procesu obrade, setvene pripreme zemljišta i kasnjim operacijama nege i ubiranja, zemljište je izloženo intenzivnom gaženju i sabijanju hodnim sistemom mašina. Prema nekim istraživanjima zbir površina tragova točkova je, po pravilu, oko dva puta

veći od obradivane površine. Sabijanje zemljišta točkovima traktora, kombajna, kamiona i poljoprivrednih mašina ispoljava se do dubine od 30 do 60 cm [2]. Najintenzivnije se sabijaju površinski slojevi zemljišta. Pored sabijanja, tokom kretanja hodnim sistemom mašina narušava se struktura zemljišta. Klizanje intezivira pomenute procese. Ispitivanja su takođe pokazala da višegodišnje korišćenje traktora točkaša velikih vučnih sposobnosti kontinualno intenzivira narušavanje strukture zemljišta i time pogoršava uslove za razvoj biljaka [2].

Iz navedenih razloga, u modernoj, masovnoj i intenzivnoj poljoprivrednoj proizvodnji sve su više u upotrebi traktori guseničari. Prema postojećim rezultatima istraživanja, njihov hodni sistem manje sabija zemljište i omogućava očuvanje njegove strukture, što su veoma važni ciljevi savremene ratarske i voćarske proizvodnje.

## 2. MATERIJAL I METOD RADA

U radu su objašnjeni pojam i uloga hodnog sistema poljoprivrednih traktora. Prikazani su podela i osnovne karakteristike gusenice i točka kao hodnog sistema, raznovrsnost njihove primene i prednosti i nedostaci jednih u odnosu na druge. Izvršene su i uporedne analize eksplotacionih karakteristika traktora točkaša i guseničara, zasnovane na rezultatima OECD-e testova [13] i eksplotacionih ispitivanja traktora Challenger MT765, John Deere 8520, John Deere 8420T i John Deere 8420.

## 3. HODNI SISTEM TRAKTORA I SILE VUČE

Hodni sistem poljoprivredne mašine služi za njeno kretanje između radnih mesta, kretanje u toku radnog procesa na odgovarajućem radnom mestu, za prenos opterećenja mašine na zemljište i obezbeđivanje stabilnosti u toku kretanja i rada. Ovaj mehanizam transformiše obrtno kretanje pogonskih točkova ili lančanika u translatorno kretanje mašine. Kod današnjih konstrukcija traktora i drugih poljoprivrednih mašina hodni mehanizam je izведен na dva načina, kao sistem točkova i kao sistem gusenica. Postoje i kombinovani sistemi koji se uglavnom koriste na traktorima i kombajnima. U oba slučaja kretanje kretača ima karakter kotrljanja. Pri tome, kod gusenice se ovo ostvaruje kotrljanjem točkova po unutrašnjosti gusenice koja sa ovog stanovišta ima karakter „pokretnog tla“ točkova guseničnog sistema. Sa gledišta zadataka koje kretač izvršava, treba ukazati na dve osnovne funkcije kretača:

- funkciju pokretnog oslonca, čijim se pomeranjem vrši progresivno premeštanje vozila i
- funkciju kretnog organa, kojim se vozilo prisiljava na premeštanje preko pokretnih oslonaca uz pretvaranje mehaničke energije motora u rad potreban za savlađivanje otpora kretanju.

Traktor, kao osnovna vučno-pogonska jedinica u poljoprivredi, mora zadovoljiti veliki broj opštih i specifičnih zahteva, zavisno od vrste proizvodnje, uslova rada, itd.

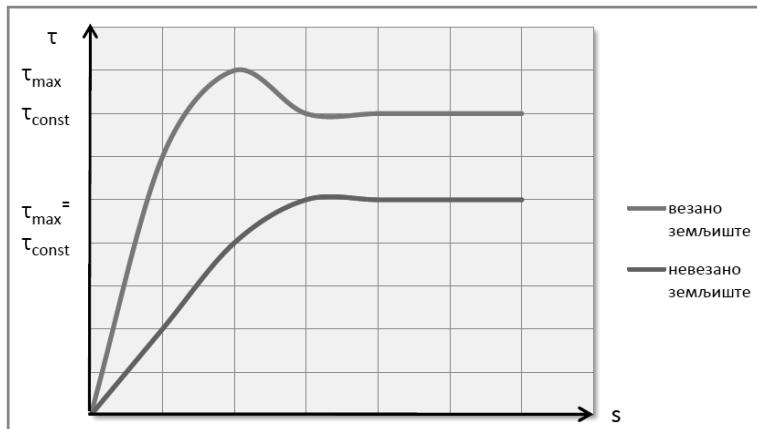
Vučno adheziona svojstva traktora ostvaruju se u dodiru hodnog mehanizma i podloge i zavise od velikog broja faktora. Među najznačajnije spadaju: adhezija  $\varphi$ , odnosno efikasnost prijanjanja hodnog sistema i podloge, koeficijent otpora kotrljanja-

kretanja (u teorijskoj mehanici se označava kao krak trenja kotrljanja) i klizanje hodnog sistema  $\lambda$ .

Podloga po kojoj se kreću traktori je površinski sloj zemljišta koji se obrađuje radi proizvodnje poljoprivrednih biljnih vrsta. Poznavanje odnosa podloge i točkova, odnosno gusenice, omogućava rešavanje izvesnih problema vuče. Međutim, veliki broj relevantnih faktora, bilo po osnovi fizičko-mehaničkog sastava zemljišta ili njegovog stanja, bilo prema načinu prenosa sila vuče na podlogu, otežavaju rešavanje prividno jednostavnih problema u ovoj oblasti. Fizičke osobine zemljišta, koje imaju dominantan uticaj na odnose hodnog sistema i podloge, a time i na proces vuče, su:

- struktura i granulometrijski sastav zemljišta,
- vlažnost i
- gustina i tvrdoća zemljišta

Za prenos sila vuče traktora od presudnog značaja je karakter veze između čestica (kohezione sile), gde se kao dva ekstremna tipa javljaju zemljište adhezionog tipa – vezano zemljište, koje je u stanju da podnese smičuće sile i zemljište friкционog tipa nevezano zemljište (sl. 1).



Sl. 1. Karakteristika sile smicanja zemljišta

Na vučne karakteristike traktora bitno utiče tip hodnog sistema. Najrasprostranjeniji među njima su točkovi sa pneumaticima i metalne gusenice, kao i gumene gusenice (profilisana traka) kao kvalitativno novo tehničko rešenje. Nova generacija traktora guseničara sa gumenim gusenicama, hidrostatičkim prenosnicima snage i unapređenim sistemom upravljanja eliminisala je nedostatke klasičnih traktora guseničara sa čeličnim gusenicama, koji su se ogledali u ograničenim brzinama kretanja (do 15 km/h) ograničenim tehnoločkim brzinama (6-7 km/h) i upravljanju bočnim spojnicama i kočnicama, što je uticalo da linija vuče bude izlomljena.

Uz postojeće prednosti traktora guseničara, u odnosu na točkaše, koje su se ogledale u većem stepenu korisnog dejstva, manjem klizanju, većoj vučnoj sili, manjem sabijanju zemljišta, manjem uticaju ekscentrične vuče i drugo, stvorila se realna potreba za istraživanjem mogućnosti ponovnog uvođenja traktora guseničara u široku poljoprivre-

dnu proizvodnju. Ograničene radne brzine traktora guseničara, sa klasičnim hodnim mehanizmom, posledica su težje da se uz održavanje ukupnog vučnog stepena korisnosti iznad granične vrednosti od 0.7, habanje i radni vek gusenica zadrže na razumnim i ekonomski opravdanim granicama. Dakle, glavni nedostatak traktora guseničara sa čeličnim gusenicama bio je nizak stepen iskorišćenja hodnog mehanizma pri povećanim brzinama, usled velikog trenja elemenata samog hodnog mehanizma [7].

Koeficijent adhezije  $\varphi$  i koeficijent otpora (trenja) kotrljanja  $f$  hodnog sistema su funkcije klizanja  $\lambda$ , kao što pokazuju izrazi [1]-[7].

$$\varphi_{(\lambda)} = F_v \cdot \frac{F_{v\lambda}}{m_t g} \quad [1]$$

$$f_{hs(\lambda)} = \frac{F_{v\lambda}}{m_t g} \quad [2]$$

U prethodne dve formule  $F_v \cdot \varphi_{(\lambda)}$  i  $f_{hs(\lambda)}$  predstavljaju trenutne vrednosti sile vuče  $F_v$  i koeficijenta otpora kotrljanja  $f$ . Ove dve veličine su karakteristične za poređenje vučnih kvaliteta traktora sa različitim hodnim sistemom. Pri tome se takođe koriste i izrazi

$$f_{hs(\lambda)} = f_t + f_{P(F_v)} \quad [3]$$

$$f_t = \frac{F_K}{m_T g} \quad [4]$$

$$f_{P(F_v)} = \frac{X}{m_T g} \quad [5]$$

gde je

$f_t$  - koeficijent otpora kotrljanja od sila trenja u gusenicama ( $F_K$ ),

$f_{P(F_v)}$  - koeficijent otpora kotrljanja od sila deformacije podloge gusenice ( $X$ ).

Koeficijent korisnog dejstva hodnog mehanizma  $\eta_{hs}$ , kao odnos vučne snage  $P_v$  i snage na glavčinama pogonskih točkova-lančanika može se predstaviti kao:

$$\eta_{hs} = \frac{1-\lambda}{1 + \frac{f_{hs}}{F_v}} \cdot \frac{1}{m_T g} \quad [6]$$

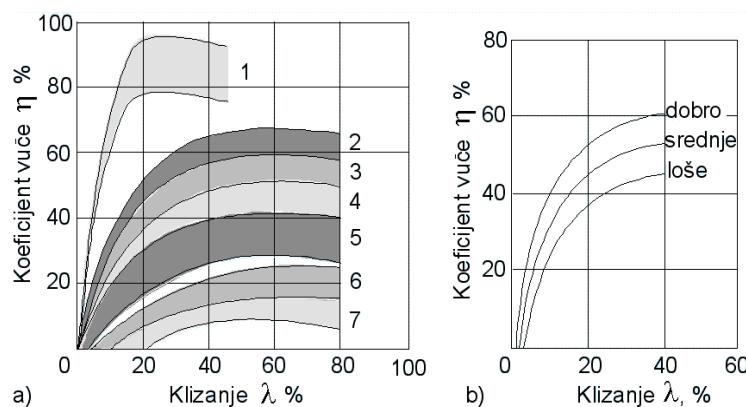
Kako je:

$$F_v \cdot \varphi_{(\lambda)} = f_{hs} + f_{P(F_v)}, \quad [7]$$

proizilazi da je za određivanje pokazatelja vučno adhezionih svojstava traktora neophodno znati kako se menjaju koeficijent adhezije  $\varphi$  i koeficijent otpora kotrljanja  $f_{hs}$  u funkciji klizanja  $\lambda$  pri izmenama parametara hodnog sistema i podloge-zemljišta.

Istraživanja velikog broja autora sprovedena su sa ciljem određivanja stepena iskorišćenja vuće i energije različitih konstrukcija traktora na različitim podlogama. *Koolen i Kuipers* [3] merili su vrednosti sila vuće potrebnih za pogon traktora na dve podloge različitih rasresitosti. Njihovi rezultati pokazuju da je, pri istom opterećenju točka, na podlozi veće rastresitosti veći otpor kretanju traktora. *Taylor* i saradnici [10] su izučavali uticaj pneumatika na vučne mogućnosti traktora. Povećavanjem prečnika pneumatika povećava se dodirna površina sa zemljištem, čime se objašnjava poboljšanje vučnih svojstava. *Chancellor i Zhang* [1] su vršili poljska ispitivanja sistema za kontrolu stepena klizanja pogonskih točkova traktora. Njihovi rezultati pokazuju da su korišćenjem ovog sistema postignute prosečne uštede u potrošnji goriva od 7.6% i smanjeno potrebno vreme rada za 4.9%. *Obradović* [8] je snimao vučne karakteristike raznih traktora na strnjici i pooranom zemljištu. Rezultati pokazuju da se za ispitivane traktore i u datim uslovima, na pooranom zemljištu u proseku postižu niže vrednosti koeficijenta korisnog dejstva za 9.33%, snage na poteznici za 16.79% i sile vuće pri maksimalnoj snazi za 17.54%. *Mileusnić* i saradnici [5] su se bavili analizom energetskog bilansa rada traktora točkaša u različitim varijantama tehnologija obrade zemljišta. Rezultati ukazuju da je za isti hodni sistem moguća ušteda energije i za 30% u zavisnosti od primjenjene tehnologije.

Na tvrdoj podlozi se postižu veće vrednosti sile vuće nego na rastresitom zemljištu. Razlog su manji otpori kotrljanja i niže vrednosti klizanja pogonskih točkova. Na rastresitoj podlozi dolazi do većeg propadanja točkova, što povećava otpor kotrljanja. Rastresita podloga pruža manje otpore deformaciji i smanjuje iskorišćenje snage motora za vuču priključnih mašina. Stoga se javljaju povećano propadanje i povećano klizanje pogonskih točkova. Osim toga, maksimalne vrednosti efikasnosti vuće se ostvaruju pri višim vrednostima kizanja. Povećanje vrednosti klizanja i otpora kretanja direktno utiču na smanjenje efikasnosti vuće, odnosno na povećanje gubitaka energije.



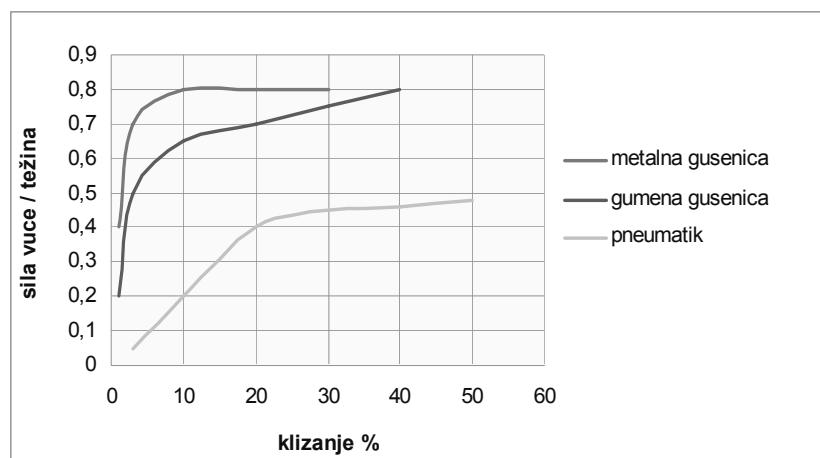
Sl. 2. Zavisnost efikasnosti vuće od vrste podloge i klizanja

a) za različite tipove i stanja podloge, 1–suvi beton i asfalt, 2–suva ilovača, strnjiste, 3–glinasta peskuša, strnjiste, 4–vlažna glinasta peskuša, 5–vlažna ilovača, 6–glib, 7–blato  
b) dobre (visoke), srednje i loše (niske) vrednosti koeficijenta vuće poljoprivrednih traktora.

Maksimalna vrednost efikasnosti vuče postiže se pri vrednostima klizanja od 10 do 20% (slika 2).

#### 4. REZULTATI UPOREDNIH ANALIZA EKSPLOATACIONIH KAREKTERISTIKA TRAKTORA TOČKAŠA I GUSENIČARA

Usled uzajamnog dejstva točka traktora i zemljišta, snaga motora koja se dovodi pogonskom točku u obliku obrtnog momenta pretvara se u rad sila (vuča, propulzivne sile) pomoću kojih se traktoru saopštava kretanje [4]. Stoga, zadatak hodnog sistema je da što veći procenat efektivne snage motora transformiše u snagu na poteznici definisanu kao proizvod sile vuče i brzine kretanja. Efikasnost hodnog sistema direktno utiče na vučnu силу koju traktor može da obezbedi na poteznici, tj. na odnos sila vuče/težina traktora. Kod traktora guseničara ovaj odnos je povoljniji nego kod točkaša [6].



Sl.3. Efikasnost hodnih sistema traktora

Hodni sistem trakora sa gusenicom ostvaruje veće intenzitete sila vuče pri nižim vrednostima klizanja (slika 3). Velike prednosti gusenice u odnosu na točak, sa gledišta vuče, nedvosmisleno ukazuju da pitanju vraćanja traktora guseničara u poljoprivredu treba posvetiti izuzetnu pažnju. Gumena gusenica predstavlja značajan pravac razvoja sa stanovišta vuče, jer u sebi objedinjava pozitivne osobine točka i čelične gusenice. Karakterišu je mnogo povoljnije vučne performanse u odnosu na točak, koje se približavaju karakteristikama čelične gusenice, s tim da su joj gubici u odnosu na čeličnu gusenicu znatno manji u celom dijapazonu radnih vrednosti klizanja. Stoga gumena gusenica predstavlja osnovni pravac u kome treba tražiti rešenja u cilju uštede energije.

Poređenja radi, u radu su prikazani rezultati paralelnog ispitivanja traktora točkaša i guseničara (sa gumenom gusenicom) iste kategorije (tabela 1).

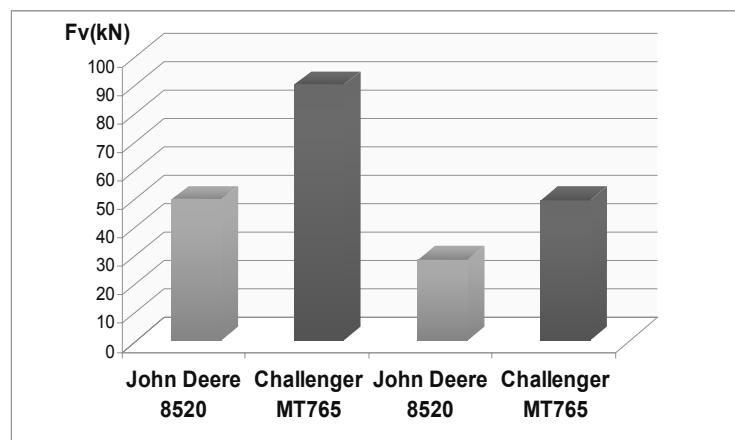
Tab. 1. Osnovne tehničke karakteristike analiziranih traktora (izvor [11] i [12])

Tip traktora		Challenger MT765	John Deere 8520
Snaga motora	kW	223	218
Spec. ef.potrošnja goriva	g/kWh	252	250
Brzine (min/max)	km/h	1.66/39.65	1.19/38.69
Hodni sistem		gumena gusenica	udvojeni točkovi
Dužina	mm	6350	7000
Širina	mm	2862	3550
Masa	kg	13315	10800
Energetska snabdevenost	kW/t	16.75	20.20

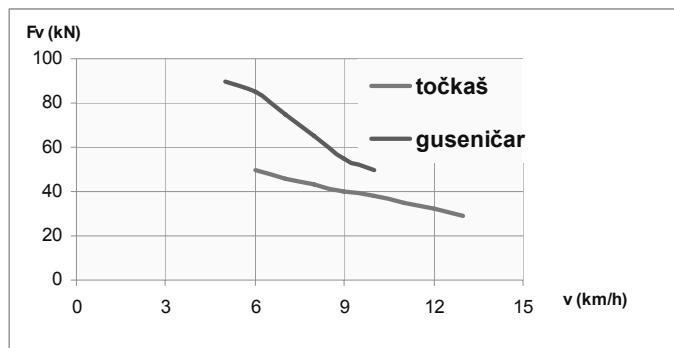
Prikazani traktor guseničar ima veću masu za 23% u odnosu na traktor točkaš (snage motora su približno iste) ali ostvaruje veću силу vuče za 80% na strnjici i za 59 % na oranom zemljištu. Odnos sila vuće u eksplotacionom dijapazonu traktora guseničara je 1.81 ili 40.5 kN na strnjici. Kod traktora točkaša ovaj odnos iznosi 1.74 ili 21 kN (tabela 2). Optimalna sila vuće na strnjici iznosi 0.86 (guseničar) i 0.87 (točkaš) od gornje granice eksplotacionog dijapazona. Traktor guseničar ostvaruje širi eksplotacioni dijapazon sila vuće, a to omogućava povoljnije aggregatiranje (slika 4 i 5).

Tab. 2. Optimalni dijapazon sila vuće datih traktora

Tip traktora	Sila vuće (kN)		
	min.	nom.	max.
Na strnjici			
Challenger MT765	49.63	78.37	90.13
John Deere 8520	28.61	43.44	49.79
Na oranici			
Challenger MT765	32.65	52.25	62.58
John Deere 8520	28.60	32.84	40.26



Sl.4. Optimalni dijapazon sila vuće traktora



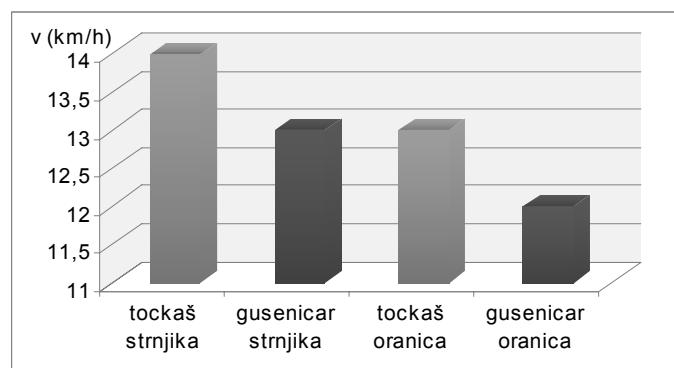
Sl.5. Eksplotacioni dijapazon sila vuče i brzina kretanja traktora na strnjici

Pri analizi sila vuče traktora guseničara i točkaša treba imati u vidu da je masa traktora guseničara veća za 23.28% u odnosu na traktor točkaš. Prednost guseničara je između ostalog i u tome što može da ostvari velike vučne sile, a time i rad na većim dubinama (rigolovanje) gde nije primarno ostvariti velike radne brzine.

Tabela 3. Brzine u eksplotacionom dijapazonu sila analiziranih traktora

Tip traktora	Brzina (km/h)		
	min.	nom.	max.
Na strnjici			
Challenger MT765	6.10	7.60	11.10
JD 8520	9.40	11.50	16.50
Na oranici			
Challenger MT765	6.40	7.70	12.40
JD 8520	7.90	9.70	11.10

Promenom podloge (strnjika-oranica) dolazi do stagniranja ili neznatnog porasta brzine kod traktora guseničara, a kod traktora točkaša do pada brzine u proseku za 20 %. Brzine u eksplotacionom dijapazonu sila nalaze se u granicama agrotehničkih brzina, s tim što su kod traktora točkaša one nešto više (slika 6 i tabela 3)



Sl.6. Brzine kretanja traktora u eksplotacionom dijapazonu sika vuče

Koeficijenti adhezije i klizanja ispitivanih traktora nalaze se u oblasti koeficijenata za ove tipove traktora (tabela 4).

Tab. 4. Koeficijent athezije i klizanje analiziranih traktora

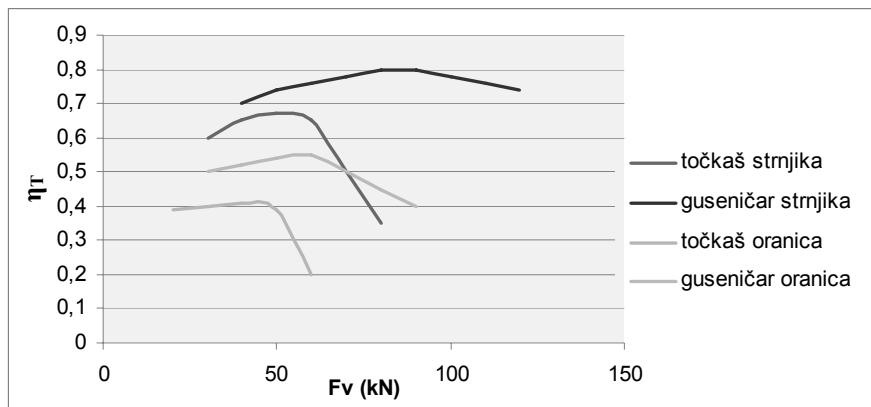
Tip traktora	$\varphi$			$\lambda$		
	min.	nom.	max.	min.	nom.	max.
Na strnjici						
Challenger	0.38	0.60	0.69	2.00	3.75	7.00
JD 8520	0.27	0.41	0.48	7.50	14.62	18.00
Na oranici						
Challenger	0.25	0.40	0.47	2.50	6.00	10.00
JD 8520	0.27	0.31	0.38	12.00	17.25	21.00

Traktor guseničar ostvaruje manje klizanje u odnosu na točkaša. Na strnjici klizanje je manje 3.9 puta, a na oranici 2.9 puta. Oba traktora se nalaze u granicama prihvativog klizanja za svoj tip na obe podloge.

Traktor guseničar ostvario je veći  $\eta_T$  u odnosu na traktor točkaš na obe podloge. Sa promenom podloge kod traktora guseničara došlo je do opadanja  $\eta_{Tmax}$  za 30%, a kod točkaša za oko 38% (tabela 5 i slika 7).

Tab. 5. Snaga vuče i koeficijent korisnog dejstva analiziranih traktora

Tip traktora	P <sub>v</sub> (kW)			$\eta_T$		
	F <sub>vmin</sub>	F <sub>vnom</sub>	F <sub>vmax</sub>	F <sub>vmin</sub>	F <sub>vnom</sub>	F <sub>vmax</sub>
Na strnjici						
Challenger	153.4	165.0	153.2	0.687	0.739	0.687
JD 8520	130.6	140.6	129.5	0.599	0.645	0.594
Na oranici						
Challenger	-	120.40	-	-	0.540	-
JD 8520	-	88.20	-	-	0.404	-



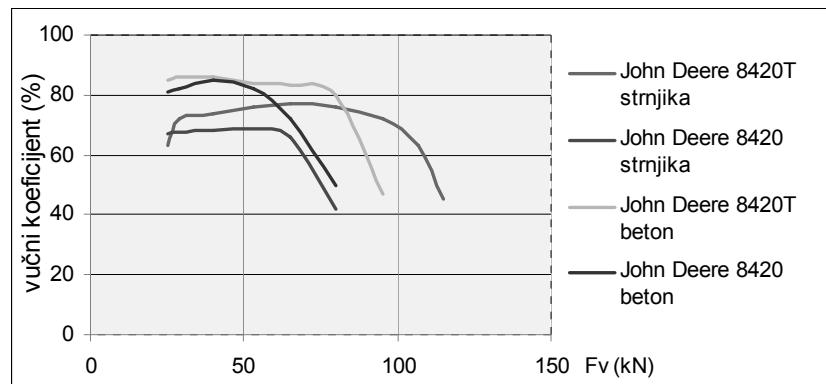
Sl. 7. Vrednosti koeficijenat korisnog dejstva traktora

U predhodnim razmatranjima prikazani su uporedni parametri traktora guseničara i točkaša sa istim snagama motora, a različitim masama traktora. Prema očekivanju, pokazalo se da teži traktor ima bolja vučna svojstva.

Međutim, može se postaviti i pitanje: "Kakav će biti rezultat poređenja jednog istog traktora sa dva različita hodna sistema?"

Tabela 6. Rezultati uporednog ispitivanja traktora John Deere 8420 i 8420T

Tehničke karakteristike		John Deere 8420T	John Deere 8420
podloga		beton/strnjika/oranica	beton/strnjika/oranica
Snaga motora	kW	200.9	201.8
Klizanje	%	2.3 / 3.75 / 6	10 / 14.5 / 17
Brzina pri $\eta_{Tmax}$	km/h	7.53 / 7.60 / 8.32	9.32 / 10.84 / 8.90
Vučna sila pri $\eta_{Tmax}$	N	83014 / 70373 / 46915	67360 / 43241 / 32695
Vučna snaga pri $\eta_{Tmax}$	kW	173.5 / 148.5 / 108.5	174.4 / 130.2 / 81.5
Koef.kori.dej. traktora $\eta_{Tmax}$	-	0.86 / 0.739 / 0.54	0.86 / 0.645 / 0.404
Časovna efek. potrošnja goriva	l/h	55.25	54.77
Spec. efek. potrošnja goriva	g/kWh	232	230
Energetska snabdevenost	kW/t	16.80	18.80
Masa traktora	kg	11956	10751



Sl.8. Vučni parametri traktora guseničara JD 8420T i točkaša JD 8420

Vučne karakteristike traktora John Deere 8420T su znatno bolje nego kod točkaša, što je posebno izraženo na mekoj podlozi. Na tvrdoj referentnoj betonskoj podlozi, vučna sila na poteznici je veća za 15-19 %, a na mekoj (strnjici) za 30-33% od traktora točkaša približno iste snage i mase sa udvojenim točkovima. Traktor John Deere 8420T razvija maksimalnu snagu pri 3-6% klizanja, dok točkaš pri 15 - 17 % klizanja, što je za oko 3 puta više. Maksimalni vučni koeficijent korisnog dejstva oba traktora na tvrdoj podlozi (betonu) iznosi 0.86, a na strnjici točkaš ima 0.66, a guseničar 0.76 ili za 15 % više računato u odnosu na snagu na priključnom vratilu.

Traktori imaju istu instaliranu snagu, s tim što JD 8420T ima manje klizanje, viši koeficijent korisnog dejstva na mekim podlogama i bolja vučna svojstva za ostale nepromenjene parameter (tabela 5, slika 8).

## 5. ZAKLJUČAK

Moderna i intenzivna poljoprivredna proizvodnja pred hodni sistem traktora postavlja sledeće osnovne zadatke: smanjenje sabijanja zemljišta, ostvarenje velike adhezije sile uz minimalno klizanje i lako održavanje.

Može se reći da je koncepcija točka sa pneumatikom dostigla tehnološki nivo pri kome nije ostalo previše prostora za poboljšanje. Udvajanje i tripliranje točkova su neke od metoda kojima je moguće popraviti vučne i druge karakteristike traktora točkaša.

Konstrukcija hodnih sistema sa gumenom gusenicom pokazala je preim秉stvo nad točkašima u gotovo svim eksploracionim segmentima traktora. Neke od tih prednosti su: manje sabijanje zemljišta do 70% veći koeficijent adhezije do 30%, manje klizanje do 60%, veći koeficijent korisnog dejstva do 15%, veća širina radnog zahvata do 60%, veća proizvodnost traktora do 20% itd.

Uprkos navednim nedostacima, traktori točkaši su i dalje dominantni u svim sfarama poljoprivredne proizvodnje. Međutim, sve je više poljoprivrednih proizvođača koji u proces proizvodnje „uvode“ i poneki traktor guseničar. Glavni razlog sporog uvođenja guseničara u masovnu primenu jeste visoka cena traktora sa guseničnim hodnim mehanizmom.

## LITERATURA

- [1] Chancellor, W., Zhang, N. (1989): *Automatic Wheel Slip Control for tractors*, Transactions of the ASAE, Vol. 32, No. 1, pp. 17-22, St. Joseph, Michigan, USA
- [2] Hillel, D. (1982): Introduction to soil phisics, Academic press, New York.
- [3] Koolen, A.J., Kuipers, H. (1983): Agricultural Soil Mechanics, Sprinller Verlag, Berlin Heilderberg, Germany
- [4] Marković, D. (2009): *Transport u poljoprivredi*, Mašinski fakultet, Beograd
- [5] Mileusnić, I.Z., Petrović, V.D., Đević, S.M. (2009): *Comparison Of Tillge Systems According to Fuel Consumption*, Energy, (doi:10.1016/j.energy.2009.09.12)
- [6] Nikolić R., Savin L., Furman T., Tomić M., Simikić M., Gligorić R., (2007), *Teorija vuče i koeficijent efikasnosti gumene gusenice*, Poljoprivredna tehnika Godina XXII, No 2, str. 15 – 23, Beograd.
- [7] Novaković, D. (1993): *Primena traktora guseničara u primarnoj poljoprivrednoj proizvodnji*, doktorska disertacija. Beograd: Poljoprivredni fakultet Zemun.
- [8] Obradović, D. (1990) *Optimalni parametri traktorsko-mašinskih agregata za poljoprivredna gazdinstva*, Institut za mehanizaciju poljoprivrede Zemun-Beograd.
- [9] Ronai, D. (1986): *Sabijanje zemljišta kao posledica kretanja točka*, Monografija, Novi Sad.
- [10] Taylor, J.H.,Vanden Berg, G.E., Reed, I.F. (1967): *Effect of diameter on performance of powered tractor wheels*
- [11] <http://tractortestlab.unl.edu/>
- [12] <http://www.deere.com>
- [13] <http://www.oecd.org>

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 20076A, od 1.04.2009.

## THE INFLUENCE OF LOCOMOTION SYSTEM ON THE TRACTORS' EXPLOITATION CHARACTERISTICS

**Zoran I. Mileusnić, Milan S. Đević, Dragan V. Petrović,  
Rajko Miodragović, Milan Skrbic**

*Faculty of Agriculture, Zemun-Belgrade*

**Abstract:** Basic types of tractor locomotion systems and their main characteristics are presented in the paper. Pull and steering properties of the tractor are realized through a contact surface between the locomotion system and soil. Therefore, the most influencing parameters, like adhesion ( $\phi$ ), locomotion resistance factor ( $f$ ) and slipping factor of the locomotion system ( $\lambda$ ), are analyzed. Together with the comparison of pull and steering properties of different tractors, this analysis refined basic advantages and disadvantages of different locomotion systems based on wheels, metal and rubber crawlers.

**Key words:** *tractor, adhesion, slipping factor, locomotion resistance factor, locomotion system, wheel, tractor crawler.*



UDK: 631.1

## СТАБИЛНОСТ ТРАКТОРА У КРИВИНИ

**Вера Џеровић**

*Пољопривредни факултет, Београд*

**Садржај:** У раду је представљен једноставан аналитички модел за тестирање стабилности трактора са плугом при кретању у кривини на нагнутом терену. На основу модела је урађен програм за процену стабилности трактора Fendt Favorit 615. Као резултат компјутерске симулације добијени су гранични услови стабилности трактора који могу послужити као прелиминарни резултати за сложенији модел.

**Кључне речи:** стабилност, трактор, аналитички модел.

### 1. УВОД

Како је трактор погонска машина са више функција, чест је случај да га корисник доведе у радне услове који су ван оквира сигурног рада. Ниједан други уређај који се користи у пољопривреди не доводи до толико повреда као трактор од чега око 50% несрећа је узроковано превртањем трактора. Центрифугална сила је главни узрок бочног превртања трактора. Она тежи да преврне трактор при већим брзинама током окретања или кретања у кривини.

За проверу стабилности трактора Fendt Favorit 615 при кретању у кривини полупречника  $R = 60 \text{ m}$  на нагнутом терену коришћен је упрошћен модел на основу кога је написан програм у Fortranu.

### 2. АНАЛИТИЧКА ОСНОВА МОДЕЛА

Трактор са приколоцом је посматран као систем два чврста тела чије се тежиште рачуна на основу познатих полазних података:

- масе трактора  $m_T$  и координата његовог тежишта  $x_{iT}$
- масе приколице  $m_P$  и координата њеног тежишта  $x_{iP}$

$$x_{iC} = \frac{x_{iT} \cdot m_T + x_{iP} \cdot m_P}{m_T + m_P} \quad [1]$$

Почетак ортогоналног координатног система се поклапа са тачком ослањања задњег левог точка,  $x$  оса пролази кроз тачке ослањања задњих точкова,  $y$  оса је у равни ослањања,  $z$  оса је нормалана на раван ослањања:

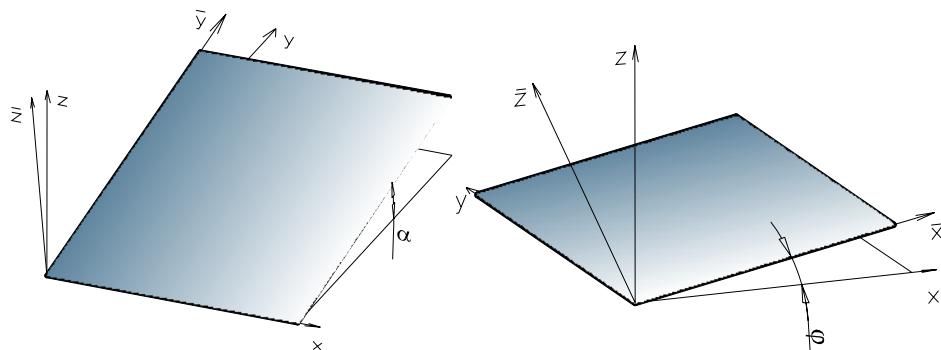


Сл.1. Координатни систем

Таб. 1. Техничке карактеристике трактора са плугом [1]

Трактор Fendt Favorit 615 масе m=6610 (kg)			
	координате тежишта (mm)		
	x	y	z
предњи леви точак	5	1845	736
предњи десни точак	1845	2690	736
задњи леви точак	0	0	736
задњи десни точак	1850	0	736
трактор	920	1173	1058
Плуг Vogel Noot Vario 850 MS масе m=290 (kg)	1270	-2312	1599

Симулација нагнутог терена је урађена са две узастопне ротације: најпре око  $x$  осе, а затим и око  $y$  осе:



Сл. 2. Ротирање координатног система

Положај тачке након прве ротације око  $x$  осе одређен је вектором положаја:

$$\vec{r}_{Ti} = [A_T] \cdot [\vec{r}_i] \quad [2]$$

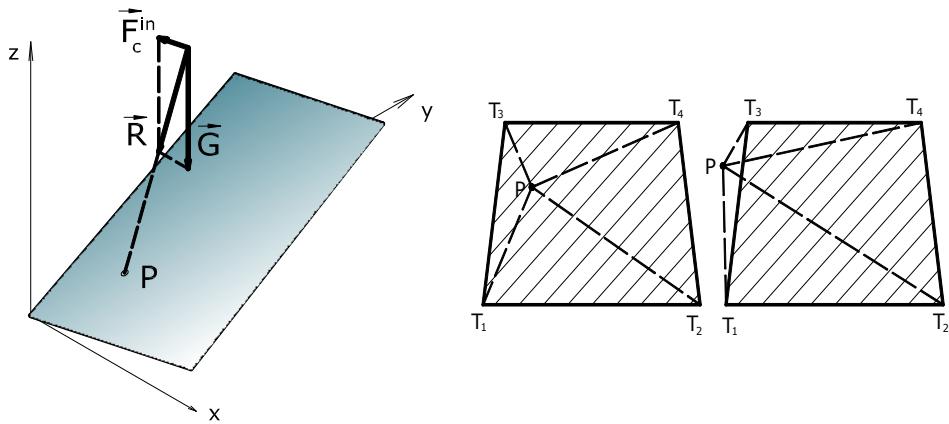
где је тензор трансформације координатног система :

$$A_T = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & -\sin \alpha \\ 0 & \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix}; \quad A_L = \begin{pmatrix} \cos \varphi & 0 & -\sin \varphi \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \varphi & 0 & \cos \varphi \end{pmatrix} \quad [3]$$

Након друге ротације око  $y$  осе вектор положаја тачке је одређен са:

$$\vec{r}_{TLi} = [A_L] \cdot [\vec{r}_i] \quad [4]$$

Ротирањем површине ослањања помера се тежиште система који представља нападну тачку главног вектора као збира тежине и центрифугалне сile. Трактор ће бити стабилан све док главни вектор пролази унутар границе стабилности. Границу стабилности чини трапез, добијен спајањем тачака ослањања точкова.



Сл. 3. Пресек главног вектора и терена

Коришћењем формулe из линеарне алгебре одређена је тачка продора Р главног вектора R и равни ослањања. За проверу да ли се тачка продора налази у оквиру граница стабилности користи се услов:

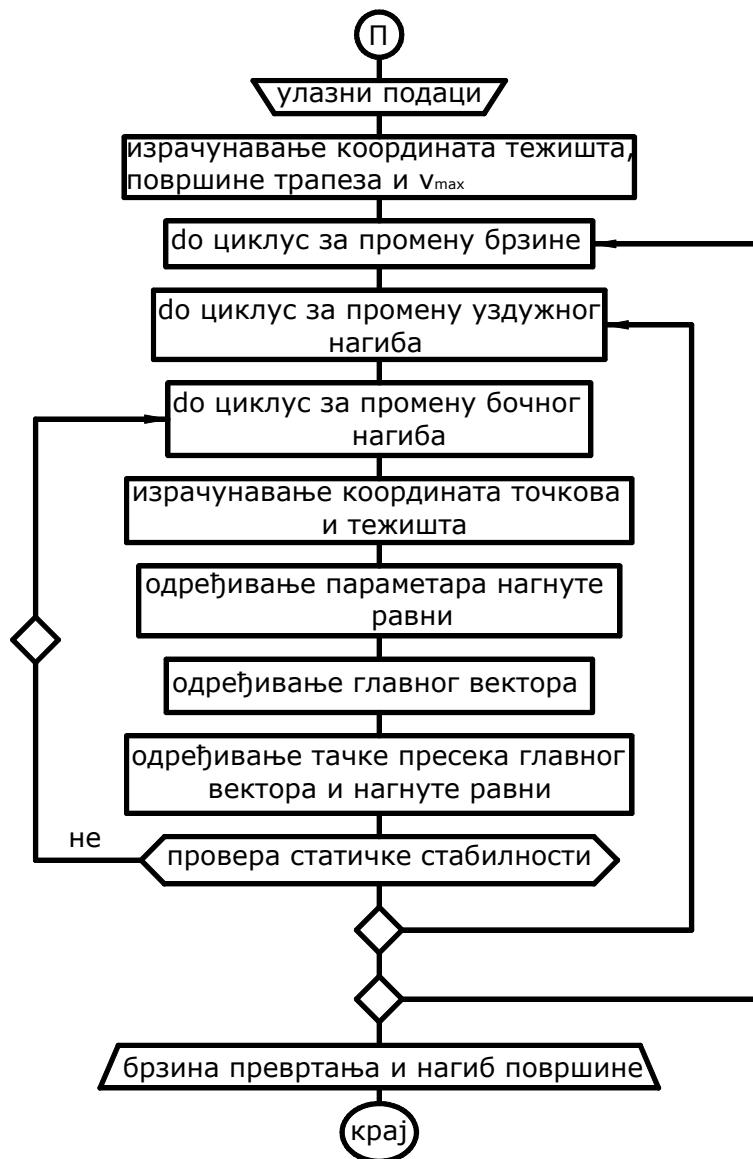
$$P(\Delta T_1 T_2 P) + P(\Delta T_1 T_3 P) + P(\Delta T_4 T_2 P) + P(\Delta T_4 T_3 P) = P(T_1 T_2 T_3 T_4) \quad [5]$$

да је збир површина четири троугла једнака површини трапеза. Уколико је збир површина троуглова већи од површине трапеза, трактор ће се преврнути. Сличан приступ користили су Петровић Д., Миленуснић З., Голубовић З. [1].

Коришћењем програма Fortran урађена је симулација превртања трактора. Усвојено је да је полу пречник пута 60 m. Кретање се сматра униформним. Почетна вредност брзине је 1 m/s и у сваком кораку циклуса се повећава за 1 m/s док не достигне максималну вредност израчунату по формулама:

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{g \cdot s \cdot R}{z_c}} \quad [6]$$

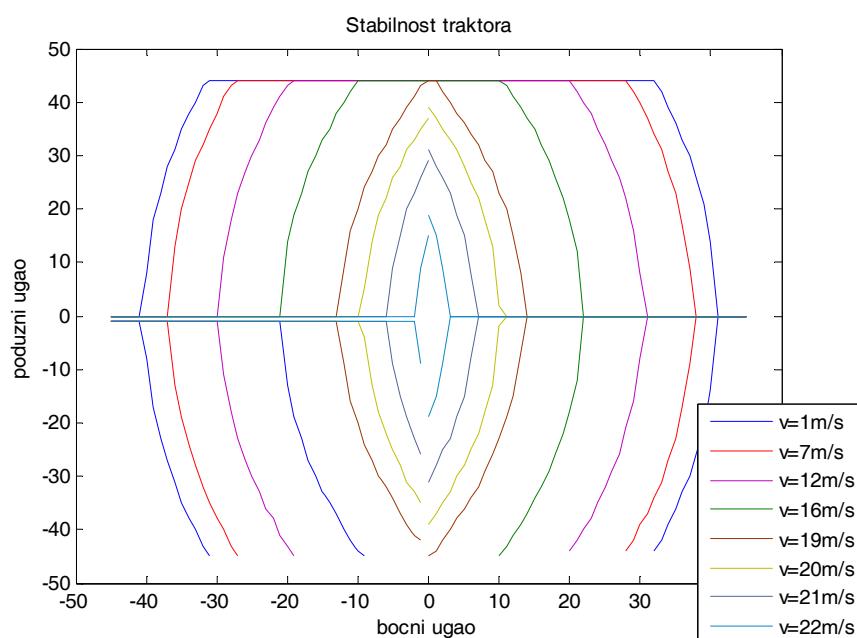
Нагиб терена се повећава у сваком кораку за  $1^0$  док се не достигне  $45^0$ .



Сл. 4. Алгоритам

### 3. РЕЗУЛТАТИ СИМУЛАЦИЈЕ

Компјутерска симулација је урађена за трактор Fendt Favorit 615 са плугом. Резултати симулације су представљени графички. На слици 5 је приказан дводимензионални дијаграм стабилности трактора у функцији подужног и бочног угла ротације терена за различите брзине кретања трактора. Са повећањем брзине смањује се дозвоњени нагиб терена. Наведене вредности углова су грачне вредности без увођења корекције.



Сл. 5. Дијаграм стабилности

### 4. ЗАКЉУЧАК

У раду је приказан резултат симулационог модела који се може применити код свих трактора.

Програм може бити полазна основа за одређивање критичне брзине превртања трактора приликом окретања, као и за тракторе са различитим приклучцима и теретима.

Према резултатима симулације може се одредити брзина при којој долази до превртања трактора при кретању у кривини, на нагнутом терену.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Петровић Д., Милеуснић З., Голубовић З. (1999): "A Simple Check of Tractor Stability", Bulletin for Appl. And Comp. Mathematics-Proc. from the Panonian Appl. Math. Meetings, Ballaton, Hungary, p. 209-216.
- [2] Ђевић М. (1992): The application of Combines for Tillage and Seeding. Ph.D.Dissertation, University of Belgrade, Faculty of Agriculture.
- [3] Мамузин П. Златко (1991): *Детерминанте-матрице-вектори-аналитичка геометрија*, уџбеник, Београд.
- [4] Ђевић М., Ралевић Н., Новаковић Д., Петровић Д. (1995): Estimation of Component Distribution Influence on Combines Stability. Agricartular Engineering, vol. 1, no. 3-4, pp. 67-72.

## STABILITY OF TRACTOR IN TURNING

Vera Cerović

Faculty of Agriculture, Belgrade-Zemun

**Abstract:** The paper presents a simple analytical model for testing the stability of tractor equipped with plough in turning on inclined fields. Based on the model, a computer programme was developed for estimating the stability of tractor Fendt Favorit 615. As a result of computer simulation the stability boundary conditions have been obtained which could be used as preliminary results for a complex model.

**Key words:** stability, tractor, analytical model.



UDK: 621.822

## ODRŽAVANJA KOTRLJAJNIH LEŽAJEVA NA POLJOPRIVREDNIM MAŠINAMA

Aleksandar Ašonja

"NS-Termomontaža" d.o.o. - Novi Sad  
[nstermomontaza@gmail.com](mailto:nstermomontaza@gmail.com)

**Sadržaj:** Poljoprivredna proizvodnja je sezonska delatnost i verovatno će još dugo vremena biti takva. U toku sezone poljoprivredne mašine su izložene dejstvu teških tereta, radu u blatnjavim, prašnjavim, zadimnjenim pa i vlažnim radnim uslovima. Da bi bile isplative, zahtevi koji se stavlju pred njih su minimalno održavanje, visoka produktivnost, kao i maksimalna udobnost i sigurnost za rukovoce mašina. Složenost današnjih procesa koji se koriste na mašinama u poljoprivredi teže ka uvođenju novih metoda za proračun, praćenje i dijagnostiku njihovog stanja, tražeći tako od radnika na održavanju mašina određen nivo znanja i obučenosti. Naročit akcenat praćenja stanja trebalo bi staviti na kotrljajne ležajeve, jer su oni faktori od vitalnog značaja za sve mašine u poljoprivredi.

Cilj rada bio je da ukaže na savremene postupke koje se koriste u eksploataciji i održavanju kotrljajnih ležajeva na poljoprivrednim mašinama. Predmet datih istraživanja, dalje navedenih u radu odnosili su se kako na stacionarne mašine, tako i na mobilne poljoprivredne mašine, poput: poljoprivrednih traktora, kombajna, utovarivača i ostalih samohodnih i vučenih mašina specijalne namene.

**Ključne reči:** poljoprivredne mašine, traktori, kotrljajni ležaj, vratilo, podmazivanje.

### UVOD

Surovi radni uslovi i velika opterećenja su samo neka od iskušenja koja se stavljuju pred današnje savremene poljoprivredne mašine. Eksploatacione karakteristike ovih mašina ukazuju na pogodnost rada u skoro svim klimatskim uslovima. Između ostalog one moraju razvijati brzine od svega nekoliko pa do 70 km/h, kako bi udovoljile pojedinim poljoprivrednim zahtevima. Osnovnu posebnost ovih mašina predstavljaju eksploatacione pogodnosti koje karakteriše rad sa maksimalnim i minimalnim radnim snagama. U isto vreme, zahtevi koji se stavljuju pred njih u pogledu pouzdanosti su dosta visoki, što je navelo neke proizvođače kotrljajnih ležajeva da na tržištu danas nude u širokom spektru inovativna, pouzdana i ekološki održiva rešenja, jer radna ispravnost,

visok kapacitet i dobro stanje su veoma važni za uspešan rad svake mašine u poljoprivredi. Navedeno najviše dolazi do izražaja kupovinom ovakve opreme, jer su kupci uglavnom zainteresovani za kvalitet upravljanja, pouzdanost, maksimalnu produktivnost i u najtežim uslovima rada, gde i najmanje greške, mogu biti uzrok zastoja mašina i visokih troškova popravke.

Međutim, tendencije razvoja novih mašina danas, bazirane su na visokoj produktivnosti, uslovljavajući tako značajan porast: opterećenja, brzina i radnih temperatura. Kao posledice toga javljaju se problemi sa povećanim trenjem, habanjem, neuravnoteženošću i pojmom vibracija. Pri tome, ne treba zaboraviti činjenicu da svaki drugi kotrljajni ležaj otkaže zbog neodgovarajućeg podmazivanja, što zasigurno nameće pitanje opravdanosti upotrebe i unapređenja novih tehnologija u proizvodnji i načinima održavanja kotrlajnih ležajeva. Kotrljajni ležajevi zbog svoje jednostavnosti sa jedne strane i složenosti poljoprivredne proizvodnje i raznovrsnošću mašina (prenosne, vučene i samohodne) sa druge strane, danas u poljoprivredi predstavljaju neiscrpan izvor za dalja unapređenja u koje je uključen veliki broj stručnjaka raznih profila.

### **ZAŠTITA LEŽAJEVA NA POLJOPRIVREDNIM MAŠINAMA**

Nedovoljna količina maziva za podmazivanje je uglavnom najčešći razlog prevremenih otkaza kotrlajnih ležajeva. Na dalje, ta oštećenja često dovode i do znatnih oštećenja samih mašina. Veliki broj ovih oštećenja može biti izbegnut upotreborom odgovarajućih maziva za konkretnе uslove eksplotacije, kod kojih se pri porastu radne temperature, takva maziva moraju oslobađati ravnometerno. Proizvođači na tržištu danas nude individualne mogućnosti podmazivanja za sve radne uslove. Izbor odgovarajućih maziva za kotrlajne ležajeve na prvom mestu, zavisi od opterećenja, broja obrtaja, temperature i dr. uslova eksploatacije. Adekvatan izbor maziva sa odgovarajućim sistemom podmazivanja osigurava da konzistencija i doziranje maziva bude najbolje za datu upotrebu, jer su oni osnovni preduslov za duži radni vek kotrlajnih ležajeva i drugih pokretnih delova. A sve sa razlogom, da se otkazi mašina izbegnu, a troškovi održavanja sistema drastično smanje.

Pitanje koje ležajeve upotrebljavati je pitanje koje je uvek prisutno, za velike radne brzine kakve vladaju kod pojedinih poljoprivrednih mašina opravdana je upotreba isključivo kvalitetnih ležajeva sa visokim kvalitetom izrađenih rotacionih delova. Primera radi, tolerancije pod kojima se izrađuju kuglice kotrlajnih ležajeva moraju da zadovolje tačnost izrade od oko  $0,01\mu\text{m}$ . Jer činjenica je da prosečni ležajevi koji nemaju visok stepen kvalitetnih rotacionih delova znatno brže stradaju. Kvalitetni ležajevi, namenjeni za rad u poljoprivredi, moraju izdržati u radu sva mehanička opterećenja, jer ukoliko dode do naprslina ili loma na ležaju, prašina prodire u rotacioni međuprostor skraćujući tako vek trajanja ležaja.

Problemi vezani za zaštitu poljoprivrednih mašina i njihovo održavanje u velikoj su meri prouzrokovani ostavljanjem nezaštićenih mašina u ekonomskim dvorištima nakon završetka poljoprivrednih radova. Mnogi kvarovi i neispravnost prouzrokovani su neadekvatnom brigom o mašinama u koje su uložena znatna sredstva. Nije dovoljno parkirati traktor, kombajn ili bilo koju mašinu pod nadstrešnicu, ili još gore pod vedrim nebom i ostaviti ga do proleća. Pre nego što se ostavi preko zime potrebno je uveriti se da je mašina u ispravnom stanju, jer samo čiste, suve i podmazane mašine su garant da vlaga koja uzrokuje koroziju ne bude u blizini ležajeva i drugih vitalnih delova na

mašinama. Pojava vlaga utiče na stvaranje korozije na: vratilima, osovinama, ležajevima i drugim pokretnim delovima, što u kasnijem radu uslovjava kvarove i zastoje, uz naravno značajne materijalne izdatke, smanjujući tako znatno vrednost mašina. U cilju zaštite kotrljajnih ležajeva na poljoprivrednim mašinama neophodno je (primeniti sledeće postupke održavanja) u toku i nakon završetka radova:

- prilikom korišćenja tegova na manjim traktorima za bolje prijanjanje i bezbedniju vožnju, voditi računa o projektovanim karakteristikama samih mašina kako bi se zaštitili ležajevi na prednjim osovinama,
- najbolji način zaštite mašina posle završetka radova je pranje mašina mlazom vode pod visokim pritiskom i sušenje pojedinih delova komprimovanim vazduhom,
- nakon završetka radova poželjno je podmazati sve pristupačne ležajeve kako bi se izbeglo stvaranje "vazdušnih džepova" u kojima se neće skupljati vlaga. Nakon podmazivanja ležajeva potrebno je pokrenuti motor i ostale pokretne delove mašina kako bi se mast raspodelila ravnomerno i zaštitala sve delove ležajeva,
- na kombajnu je važno odstraniti sve nečistoće oko ležajeva, i svakako nakupljenu slamu oko osovine (koja je dobar akumulator vlage) i
- na mašinama koje rade svega nekoliko dana u godini u cilju zaštite ležajeva, cilindara i ostalih delova motora potrebno je pokrenuti motor svakih šest nedelja i ostaviti ga u radu dok ne postigne radnu temperaturu.

## ODRŽAVANJE KOTRLJAJNIH LEŽAJEVA

Obrtanje pravilno podešenog ležišnog sklopa sa kotrljajnim ležajem treba da bude lako, bez zaribavanja i uz neznatan ravnomeran šum. Isprekidan zvuk govori da je ležaj zaprljan; a zvonak, metalni zvuk da nema maziva; struganje i učestali retki udarci, da je oštećen kavez ili kotrljajna tela. Postupak određivanja pogonskog stanja kotrljajnih ležajeva u datom trenutku podrazumeva utvrđivanje, kako njegovog trenutnog stanja, tako i njegovih pogonskih uslova pod kojima se eksplotiše. Pri tome poseban uticaj na kotrljajne ležajeve u većoj meri, ima više faktora:

- montaža ležajeva,
- podmazivanje ležajeva,
- zamor materijala (oštećenje-starost ležaja)
- ostali pogonski uslovi (vibracije, električna struja i dr.).

Obaveznom preventivnom periodičnom pregledu kotrljajnih ležajeva na poljoprivrednim mašinama, trebalo bi da podležu:

- svi kotrljajni ležajevi u čijem je radu primećena neispravnost i
- ležajevi na osnovnim mašinama i mehanizmima.

Prilikom preventivnih pregleda sklopova sa kotrljajnim ležajevima, neophodno je:

- proveravati temperaturu zagrevanja ležaja,
- otkrivati i otklanjati uzroke koji izazivaju prekomerno zagrevanje,
- pratiti karakter šuma koji izazivaju ležajevi,
- pratiti da li ima i u kakvom je stanju mazivo,
- obezbediti pravovremeno dodavanje maziva određene vrste i kvaliteta prema tačno utvrđenom režimu podmazivanja,
- proveravati stanje zaptivanja odn. preuzimati mere da se spriči ulazak prašine i ostalih kontaminanata u rotacioni međuprostor.

Temperatura kotrljajnih ležajeva, koji rade pod normalnim uslovima eksploatacije treba da je između 50 i 60°C. Svako povećanja temperature ležaja iznad ovih granica, može da izazove:

- nekvalitetno (stvrdnuto) mazivo,
- nedostatak maziva,
- prekomerno doziranje mazivom (kod brzohodnih kotrljajnih ležaja),
- zaprljano ležište (prašinom i drugim tvrdim mehaničkim česticama),
- trenje obrtnih delova sklopa o nepokretne delove (npr. zaptivača o vratilo),
- nepravilno sklapanje sklopa ležaja (nedostatak potrebnih zazora, iskrivljeno ili zakošeno vratilo, suviše čvrsto naleganje ležaja, što može da izazove uklještenje kotrljajnih tela).

Defektažu kotrljajnih ležajeva opšte namene neophodno je vršiti bar jednom u periodu od 12 do 18 meseci, a kod ležajeva većih dimenzija na osnovnim mašinama, bar jednom u dva meseca (u zavisnosti od specifičnosti konstrukcije i uslova rada mehanizama). Prilikom defektaže kotljajnih ležajeva neophodno je proveriti:

- kotrljajna tela i kaveze (ako to dozvoljava konstrukcija ležaja),
- stanje i kvalitet putanja površina kotrljajnih tela,
- veličinu radijalnog i aksijalnog zazora,
- čvrstoću naleganja prstenova i
- stanje zaptivača.

Kotrljajni ležajevi podležu zameni u slučajevima pojave jednog od oblika neispravnosti ili oštećenja, kao što su:

- brazde, rastojanje ili udubljenja usled zamora na njihovim putanjama,
- naprsline na radnim površinama unutrašnjeg i spoljašnjeg prstena,
- oštećenja kaveza ili ivica obrtnog prstena,
- povećanje radijalnog zazora (usled habanja) kod odgovornih ležajeva za više od 0,5mm i
- nekompletна kotrljajna tela (nedostaje neka kuglica ili valjčić).

Kotrljajni ležajevi opšte namene, koji su već bili u radu, mogu se ponovo koristiti pod uslovom da veličina radijalnog zazora ne prelazi 0,2mm kod kugličnih ležajeva odn. 0,25mm kod valjkastih ležajeva. Nije preporučljivo korišćenje kotrljajnih ležajeva koji su napadnuti korozijom odn. ležajeva koji nisu bili adekvatno zaštićeni do momenta montaže.

Prilikom česte montaže i demontaže sklopova sa kotrljajnim ležajevima, sklopove na vratilu ili kućištu pre sklapanja poželjno je premazati grafitnom mašću ili smešom mineralnog ulja sa sitnoljuspastim srebrnastim grafitem. Za ležajeva koji se ugrađuju na distanci, predvideti aksijalni zazor radi kompenzovanja toplotnog izduženja vratila (0,12mm na 1m dužine za svakih 10°C) i grešaka u dimenzijama zbog netačne izrade i montaže spregnutih delova za 0,15 mm. Radi regulisanja veličine zazora neophodna je upotreba komplet podmetača (mesinganih ili čeličnih) različite debljine, od 0,05 do 0,5mm, koji se postavljaju između kućišta i poklopca, (Jeftić i sar. 2008).

Nije preporučljivo iskivanje ili postavljanje ispod prstena ležaja čaura ili podmetača u cilju obezbeđivanja naleganja. Kod reduktora sa strelastim zubima zupčanika, u aksijalnom smeru treba da bude fiksirano samo vratilo poslednjeg stepena. Ostala vratila reduktora treba u aksijalnom pravcu da budu samopodešavajuća, radi čega spoljni prstenovi oba ležaja svakog vratila treba da imaju mogućnost aksijalnog pomeranja. Kad se primete na površini rukavca naboji, zarezi ili druga oštećenja, povredena mesta

poravnati zaštitnom šmirglom i ispolirati. Pre ugradnje u žljeb, filcane prstenove natopiti u istopljenoj masti od 30 do 40 minuta. Prilikom svake defektaže zaptivne prstenove očistiti od nečistoće, oprati u petroleumu, prosušiti i ponovo natopiti istopljenom mašću. Uzajamni položaj vratila prilikom defektaže sklopova sa kotrljajnim ležajevima, proveravati na isti način, kao što je to predviđeno za klizne ležajeve.

Kućišta kotrljajnih ležajeva na stacionarnim mašinama, koja se obrću sa više od 300°/min i podmazuju preko stanice za centralno podmazivanje, neophodno je snabdeti sigurnosnim čepovima za odvod suvišnog odn. istrošenog maziva i bar jednom u toku smene proveriti rad dozatora. Hod klipa dozatora treba da bude tako regulisan da istisnuta količina maziva ne prelazi potrebe ležaja. Vrste maziva (masti i ulja) određuju se detaljno, prema radnim uslovima, za svaki slučaj posebno i date su u karti podmazivanja, koja treba da sadrži i termin-plan podmazivanja. Izbor i zamena vrste maziva su nadležnost tehnologa za podmazivanje. Prilikom periodičnog podmazivanja očistiti, oprati i ponovo napuniti mazivom i to: ležajeve koji rade pod normalnim uslovima bar jednom u 6 meseci odn. za ležajeve koji rade u uslovima povišene temperature (više od 60°C) ili u sredini sa dosta prašine i vlage bar jednom u 3 meseca. U toku same eksploracije kotrljajnih ležajeva, veoma je važno pažljivo pratiti stanje zaptivača. Sve neispravnosti u vezi sa narušavanjem zaptivenosti i pojavom isticanja maziva kroz zaptivače, treba da budu odmah otklonjene.

## OŠTEĆENJA KOTRLJAJNIH LEŽAJEVA

Uslovi korišćenja kotrljajnih ležajeva na poljoprivrednim mašinama izuzetno su nezadovoljavajući zbog permanentnih povećanja opterećenja i brzina u poljoprivrednim procesima. Najčešća oštećenja kotrljajnih ležajeva koja se javljaju na poljoprivrednim mašinama su, oštećenja usled: adhezivnog habanja, abrazivnog habanja, korozionog habanja fretting korozije i habanja zamorom materijala. Pri tome treba naglasiti da je obično jedna vrsta habanja ta koja je dominantna, a koju potpomažu ostale vrste habanja. Iznenadan, neočekivan i brz razvoj kvarova se retko dešava. Obično prva oštećenja kotrljajnih tela nastaju na površini i javljaju se konstantno u periodu od nekoliko meseci. Uzroci tome najčešće su prekomerno povećanje vibracija, buke i udara. Gubici radne sposobnosti ležajeva prouzrokuju i neplanirane zastoje, koji višestruko mogu prevazići cenu samih ležajeva, što je jedan od razloga zašto se amortizaciona vrednost ležajeva ne može osigurati. Prilikom likvidacije šteta na ležajevima koji su predmet osiguranja na ime rabljenja odbija se iznos u zavisnosti od: računskog veka trajanja, efektivnog broja sati u eksploraciji i istrošenosti.

Na mobilnim mašinama u poljoprivredi kao glavni uzroci pojave oštećenja kotrljajnih ležajeva mogu se navesti: loša konstrukciona rešenja, oštiri režimi rada, nepravilna montaža, upotreba neodgovarajućih maziva i fizičko-hemijskih svojstava materijala od kojeg su izrađeni ležajevi. Neophodna zaštita koja umnogome može smanjiti dominantan uticaj surovih radnih uslova, agresivnih i drugih materija, a samim tim i korozije jeste upotreba maziva sposobnih da neutrališe iste. Sa aspekta održavanja kotrljajnih ležajeva, postavlja se i pitanje vremenskog roka upotrebljivosti, klimatske adekvatnosti upotrebe, pitanje konzerviranja, kvaliteta podmazivanja i dr. Za ilustraciju navedenog, mogu se uzeti uslovi rada kombajna u sezoni berbe kukuruza. Vrlo često, rad počinje ujutru kada su temperature ispod nule, a oko podne dostižu i do +20°C. Takođe, količina prašine u vazduhu, u okolini rada traktora ili kombajna zavisna je od stanja

zemljišta i vrste obrade, te količine kreću se u proseku od 0,055 do 3,45 g/m<sup>3</sup>, (Furman, 2003). Imajući u vidu da i najbolji zaptivači ležajeva s vremena na vreme propuste u rotacioni međuprostor mikro opiljke od svega nekoliko μm u prečniku, jasno je da će eksterna kontaminacija ulja u ležaju biti neizbežna pojava. Kao posledica toga javiće se: oštećenja kotrlajnih ležajeva, oštećenja čitavih sklopova, smanjenja efikasnosti rada, povećane potrošnje energije, nezadovoljavajući ergonomski uslovi rada, zastoji i dr. Prilikom oštećenja ležajeva lančano se oštećuju i drugi delovi, poput: vratila, motora, spojnica, kućišta i dr.

Jedan od najčešćih uzročnika oštećenja kotrlajnih ležajeva na mašinama u poljoprivredi danas jeste pojava korozionog habanja, koja nije dominantna samo kod unutrašnjih sistema gde razna sagorevanja i isparavanja destruktivno deluju na čitav sklop, već i kod slabo zaštićenih spoljašnjih sistema, kod kojih dominantan uticaj na pojavu korozionog habanja imaju spoljašnji atmosferski uticaji. Ova oštećenja posebno su izražena kod poljoprivrednih mašina koje duži period nisu u upotrebi, poput: traktora, jednoosovinskih traktora, kombajna i drugih mašina, koje se zbog svog izrazitog sezonskog rada dugo drže u periodu čekanja. Ukoliko se u periodu čekanja mašina ne preduzmu preventivne mере na zaštiti kotrlajnih ležajeva, obično dolazi do pojave korozije i znatnog habanja kotrlajnih elemenata.

Fretting korozija je vrsta habanja koja je prisutna na kotrlajnim ležajevima na poljoprivrednim mašinama koje su izložene konstantnim uticajima vibracija u korozivnoj sredini. Često je ova vrsta oštećenja kotrlajnih ležajeva uslovljena razvojem adhezivnog habanja. Fretting korozija nastaje u odsustvu procesa oksidacije tj. ne zadovoljava se uslov da zapremina oksida bude jednak zapremini metala. Na poljoprivrednim mašinama oštećenja ležajeva ovim putem najčešće su prisutna kod kombajna, presa za seno, kosačica i drugih mašina.

Praćenjem i analizom mašina odn. praćenjem vibracija na ležaju može se otkriti čitav niz problema. Svetski eksperti iz oblasti tehničke dijagnostike, na osnovu bogatog iskustva, tvrde da se preko vibracija može identifikovati čak 95% problema na rotacionim sklopovima. Problemi na ležišnim sklopovima koji se otkrivaju preko vibracija su: debalans, labavost sklopa, elektro problemi, neodgovarajuće centriranje, ležajevi lošeg kvaliteta, kriva vratila, oštećeni zupčanici, i dr.

Stečena iskustva u eksploataciji kotrlajnih ležajeva ukazuju na zaključak, da je vek eksploracije kotrljajućih ležaja nepredvidiv. Mogućnosti otkaza ovog elementa su veoma velike. Analize pokazuju da se moguća odstupanja kreću i do 20 puta u odnosu na teoretski vek upotrebe ležajeva. Na osnovu istraživanja koja su sprovedena od strane istraživačkih timova SKF i SPM iz Švedske, došlo se do zaključka da samo manji broj kotrlajnih ležajeva otkaze zbog zamora materijala, a veći deo odlazi na druge uzročnike. Po rezultatima istraživanja SKF-a, uzročnik pojave otkaza zamorom materijala je 34%, a po SPM-u svega 11%. Najčešći uzrok stanja otkaza na kotrlajnim ležajevima, a samim tim i uzroka skraćenja nominalnog životnog veka je neodgovarajuće podmazivanje. Po SKF-u u 36% slučajeva ležaj je otkazao zbog lošeg podmazivanja, dok je kod SPM-a ovaj uzročnik učestvovao sa 44%. Sledeći najuticajniji uzročnik je neodgovarajuća montaža, bilo da se radi o montaži ležaja ili o montaži sklopova mašine koje su u direktnoj vezi sa ležajevima, (prekomerna sila pritezanja, loše centriranje, krivi rukavci i sl.). Na ovaj uzročnik po analizi otpada 24% odnosno 25%. Na ostale uzorce kao što su prekomerne vibracije, uticaj električne struje i slično, otpada ostatak do 100%, (Jeftić i sar. 2008).

## ZAKLJUČAK

Primenom savremenih metoda i postupaka u održavanju kotrljajnih ležajeva, multifunkcionalnih rešenja zaptivanja i podmazivanja, zasigurno je utrt put sigurnijoj i efikasnijoj eksploataciji ležajeva kakvi vladaju u poljoprivrednoj proizvodnji. Sa druge strane nedovoljna iskoršćenost poljoprivrednih mašina delom zbog sezonske delatnosti, a delom zbog usitnjjenosti srpskih gazdinstava (koja se kreću u proseku od 3 do 5 ha), su problemi koji se stavljujaju danas pred održavaoce ove opreme. Dalji koraci razvoja kotrljajnih ležajeva na poljoprivrednim mašinama zavisiće od stepena usavršavanja tribomehaničkih procesa, a dalja eksploatacija i održavanje ovih ležajeva pre svega trebali bi ukazati na smanjenje oštećenja kotrljajnih ležajeva uvođenjem novih zaptivača i maziva u eksploataciju odn. povećanju njihovog veka trajanja.

Na osnovu do sad stečenih iskustava slobodno se može zaključiti da je vek eksploatacije kotrljajnih ležajeva nepredvidiv. Mogućnosti otkaza ovog elementa su veoma velike. Analize pokazuju da se moguća odstupanja kreću i do 20 puta u odnosu na teoretski vek upotrebe. Međutim, pravilnim izborom ležaja, adekvatnom eksploatacijom i održavanjem iste se mogu kretati samo u pozitivnom smeru.

## LITERATURA

- [1] Ašonja, A.: Oštećenje kotrljajnih ležajeva na poljoprivrednim mašinama, Traktori i pogonske mašine, Jugoslovensko društvo za pogonske mašine traktore i održavanje, Vol. 10, No.4, 120-125, Novi Sad, 2005.
- [2] Ašonja, A.: Ekonomski opravdanost reparacije ležišnih sklopova, Poljoprivredna tehnika, Institut za poljoprivrednu tehniku, Poljoprivredni fakultet, Vol. 33. No.1, 67-73, Beograd, 2008.
- [3] Ašonja, A., Gligorić, R.: Istraživanje veka trajanja kotrljajnih ležajeva, Letopis naučnih radova Poljoprivrednog fakulteta, Poljoprivredni fakultet, vol. 29, br. 1, 78- 84, Novi Sad, 2005.
- [4] Ašonja, A., Gligorić, R.: Otkrivanje i eliminisanje vibracija na mašinskim sistemima sa obrtnim kretanjem, IX skup DPT, Aktuelni problemi mehanizacije poljoprivrede 2005, Institut za poljoprivrednu tehniku, Poljoprivredni fakultet, Vol. 30, No.4, 23-28, Beograd, 2005.
- [5] Ašonja, A., Gligorić, R.: Optimalni period zamene ulja u kotrljajnim ležajevima, Jugoslovensko društvo za pogonske mašine traktore i održavanje, Vol. 13, No.3, 80-85, Naučno društvo za pogonske mašine i traktore, Novi Sad, 2008.
- [6] Furman, T., i sar.: Motorna ulja-osnovni pojmovi, Traktori i pogonske mašine, Jugoslovensko društvo za pogonske mašine traktore i održavanje, Vol. 8, No.2, 9-22, Novi Sad, 2003.
- [7] Gligorić, R., i sar.: Izbor karakteristika ležajeva za traktore snage 30-60 kW, Poljoprivredni fakultet, Institut za poljoprivrednu tehniku, Novi Sad, 2002.
- [8] Gligorić R., Ašonja, A.: Problemi uravnoteženja vibracija i mehanizama, Pregledni rad, Održavanje mašina, No. 5, 52-56, THEDIS, Smederevo, 2005.
- [9] [www.skf.com](http://www.skf.com)
- [10] Jeftić, N., i sar.: Održavanje i remont hidrauličnih sistema, TEHDIS, Beograd, 2008.
- [11] Nagatani, H.: Static Analysis of the CV-Joints, the Interconnecting Shaft, and the Support Bearing System, Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, C, Vol.67, No.655, pp. 823-832, Japan, 2001.

## THE MAINTENANCE OF ROLLER BEARINGS AT AGRICULTURAL MACHINES

**Aleksandar Ašonja**

"NS-Termomontaža" d.o.o. - Novi Sad  
[nstermomontaza@gmail.com](mailto:nstermomontaza@gmail.com)

**Abstract:** Agricultural production is a seasonal activity and will probably still be such a long time. During the season, agricultural machines are exposed to the effect of heavy loads, work in muddy, dusty, and smoky and wet working conditions. To be profitable, the demands that are placed before them as minimum maintenance, high productivity and maximum comfort and safety for machine operators. The complexity of today's processes that are used on machines in agriculture tend to introduce new methods of calculation, monitoring and diagnosis of their condition, asking that the maintenance workers at a certain level of knowledge and training. Special emphasis should be monitoring put on roller bearings, because they are factors of vital importance for all machines in agriculture.

The aim of this work was to point out the modern procedures used in exploitation and maintenance of roller bearings on agricultural machinery. Subject given research, still listed in the paper referred to as the stationary machines and mobile agricultural machinery, such as: agricultural tractors, harvesters, loaders and other self-propelled and drawn special purpose machines.

**Key words:** agricultural machinery, tractors, roller bearing, shaft, lubrication.



UDK: 631

## КОРОЗИЈА И ЗАШТИТА ПОЉОПРИВРЕДНИХ МАШИНА

Мирољуб Трифуновић<sup>1</sup>, Часлав Лачњевац<sup>2</sup>, Радиша Перић<sup>3</sup>

<sup>1</sup> "Народна техника", Пожаревац, <sup>2</sup> Пољопривредни факултет, Земун

<sup>3</sup> Perić&Perić co. d.o.o., Пожаревац

**Садржај:** Република Србија је пољопривредна земља која располаже великим бројем средстава пољопривредне механизације. Та средства су током њихове примене, чувања и складиштења, изложена дејству околне средине која својим специфичним карактеристикама, на њих делује корозивно. При томе могу бити проузроковане велике штете, а тиме и губици породичним газдинствима, предузећима и задругама. Да би се штете умањиле или спречиле, потребно је да се укаже на значај изучавања корозије и заштите у области средстава пољопривредне механизације.

**Кључне речи:** корозија, заштита, пољопривредна механизација.

### 1. УВОД

Корозија као процес разарања материјала, проузрокује велике штете, а тиме и губитке индустријским предузећима и становништву. У циљу заштите материјала од корозије данас се примењују различите методе. Захвљујући савременим поступцима заштите индустрија је постигла огромне уштеде које су употребљене за њен развој и модернизацију.

Карактеристике средине која окружује средства пољопривредне механизације (односно њихове делове), током њихове примене, чувања и складиштења, су веома специфичне и доприносе настанку разних облика корозије које могу да изазову различите штетне последице. Ово указује на сложеност проблема и његове специфичности везане за заштиту средстава механизације од корозије. Да би се разумела и схватила потреба за изучавањем корозије у области пољопривредне технике, пре свега, треба знати шта је то корозија у општем смислу и које последице изазива.

### Корозија и последице

Корозија је деструкција материјала услед хемијске или електрохемијске реакције са околном средином, тј. реакција материјала са својом околином, која проузрокује мерљиве промене материјала и која доводи до корозионог оштећења.

Корозији су подложни практично сви материјали: метали и њихове легуре и такође неметали (бетон, дрво, камен, стакло, полимери и други, као и композитни материјали на бази неметалних компонената), па је основна подела овог процеса на корозију метала и корозију неметала.

Могућност појаве корозије је неограничена и она се јавља готово свуда. Евидентно је да се корозија јавља у различитим условима и различитим облицима и да је због тога тешко сачинити јединствену класификацију корозионих процеса. Ради тога је учињен покушај, да се кроз уопштени приказ класификације корозије метала и легура - према механизму процеса и према срединама који га изазивају, олакша глобално сагледавање процеса корозије и уједно укаже на сложеност ове појаве.

Према механизму процеса корозија метала и легура дели се на хемијску корозију или корозију у неелектролитима и електрохемијску корозију или корозију у електролитима.

Хемијска корозија збива се у електронепроводним срединама, tj. неелектролитима; састоји се у реакцији атома метала из кристалне решетке с молекулама неког елемента или једињења из околине, при чему директно настаје једињење које је коризиони продукт.

Електрохемијска корозија заснована је на способности метала да се јонизује у еклектролиту; одиграва се тако да атоми метала, излазећи из кристалне решетке у околину, губе електроне (електрохемијска оксидација), при чему примарно настају слободни јони, а они тек секундарним процесима могу дати молекуле једињења који су продукт корозије [1].

У зависности од околне средине корозија метала и легура може бити: 1. атмосферска корозија - у слободном и затвореном простору (средине са нормалним, индустријским, приморским и екстремно атмосферским условима - фабрике: хемијских средстава, коже, итд.); 2. корозија у води - конструкције које леже у води или на води (уроњене); 3. корозија у земљи - конструкције укопане у земљу; 4. корозија услед додира са другим материјалима; 5. корозија под дејством високих температура; 6. корозија под дејством агресивних корозионих агенаса.

Корозија се јавља у различитим облицима. Према Фонтани и Дилону [2] основни појавни облици корозије су: општа (равномерна) корозија, локализована корозија (питинг и корозија у зазорима), галванска корозија (контактна или биметална), напонска корозија, корозиони замор, ерозиона корозија, кавитациона корозија, интеркристална корозија, селективна корозија, водонична кртост, микробиолошка корозија.

Последице корозије могу бити веома различите, зависно од појавног облика и обима корозије. У зависности од тога промене на материјалу могу бити такве да део захваћен корозијом не губи функционалност, али и такве да доводе до лома и изненадних отказа са великим материјалним штетама, еколошким катастрофама, повредама људи и људским жртвама.

Пољопривреда Србије располаже великим бројем средстава механизације чији су делови у највећој мери израђени од метала, па је то био повод да се укаже на значај изучавања корозије и заштите у овој области.

## 2. СТРУКТУРА И СТАЊЕ ПОЉОПРИВРЕДНЕ МЕХАНИЗАЦИЈЕ

У области пољопривредне производње у Србији данас се користе разне врсте средстава механизације која употребљавају породична газдинства, предузећа и задруге. Не постоји прецизна и ажурна евиденција са подацима о врсти, броју и старости средстава механизације, али се процењује да Србија данас располаже са око 5.000.000 јединица различитих средстава пољопривредне механизације [3]. У структури пољопривредне механизације су најзаступљенији трактори, комбајни (слика 1), камиони, приколице, машине за заштиту и разна друга средства механизације као што су плугови, оруђа за припрему земљишта, берачи кукуруза, косачице, сакупљачи сена (слика 2), пресе, вадилице кромпира и др. Просечна старост ових средстава механизације процењује се на 15 до 20, па и више, година.



Слика 1. Житни комбајн и трактор [4].



Слика 2. Сакупљач сена [4].

Средства пољопривредне механизације, у највећој мери се израђују од метала. Такође, за израду појединих делова средстава механизације примењују се неметални материјали (керамички, пластични, композитни и др.).

За израду металних делова пољопривредних машина, оруђа и уређаја најчешће се користе различите врста челика: ниско угљенични челици, конструкциона челици за побољшање и цементацију, нелегирани – угљенични алатни челици (ови челици имају малу дубину проактивности - 2 до 5мм, велику тврдоћу површинског слоја и жилаво језгро; користе се за израду делова који су изложени хабању и морају бити жилави). За израду делова који треба да поседују повећану отпорност на хабање користи се сиви лив, а за делове који морају бити жилави и отпорни на динамичка оптерећења користи се темпер лив. Нодуларни лив се може користити за израду делова изложених хабању услед абразивног дејства земљишта. У структури средстава пољопривредне механизације метални материјали су највише заступљени, јер поседују добре особине али, наспрот овоме, стоји њихова слаба отпорност на корозију.

## 3. КОРОЗИЈА СРЕДСТАВА ПОЉОПРИВРЕДНЕ МЕХАНИЗАЦИЈЕ

Средства пољопривредне механизације су свакодневно изложена различитим деградирајућим утицајима, од којих корозија заузима значајно место. Ова средства су непосредно после производње, а нарочито током експлоатације и за време

складиштења ван сезоне, изложена низу штетних утицаја. Механичка оштећења, атмосферски талози, нагле и велике промене у температури и разни други хемијски и физички фактори доводе до брзог пропадања не само метала од којих су ова средства претежно израђена, већ и других техничких материјала угађених у њих.

Технички материјали, и поред своје велике постојаности (добрих особина које поседују) подлежу разарању, под утицајем два доминантна фактора из околне средине: ерозивног и корозивног.

Ерозија је процес деградације техничких материјала изазван механичким деловањем околне средине. Ерозија је облик физичке корозије која се манифестије у виду физичке деградације материјала, без измене његове хемијске структуре. У конкретном случају, она се испољава у виду хабања, односно у виду абразије под дејством честица земљишта на металне површине алата и делова машина. На експлоатациони век алата за обраду тла, земљишта у пољопривреди, између остalog, директно утичу физичко-механичке и минеролошке карактеристике тла, земљишта. Од минерала који улазе у састав земљишта, највећи утицај на трошење алата за обраду имају кварц и фелдспат. Ови минерали поседују високе тврдоће (посебно кварц) и заступљени су у земљиштима у знатним концетрацијама од 30 до 60% [5]. Ово значи да се абразивно дејство земљишта повећава идући од глинуша ка песковитим и каменитим земљиштима. Исто тако могући облик хабања је и утицај неких честица, на пример песка, које се путем ветра већим брзинама "набацују" на металне површине средстава механизације. Детаљније о овој врсти деградације материјала на овом mestu неће се говорити јер је тешките рада везано за корозију као физичко-хемијску појаву.

Корозија средстава пољопривредне механизације је процес ненамерног оштећења средстава механизације (односно њихових металних делова), које настаје услед хемијске или електрохемијске реакције са околном средином, која окружује метал, тј. средства механизације, током њихове примене, чувања и складиштења.

Међутим, без обзира по коме механизму се одвија, последице ових процеса су углавном идентичне – долази до деградације материјала, што се најочигледније испољава у форми разарања структуре и смањивања механичких својстава. Корозија као физичко-хемијска појава изазива постепено губљење својстава метала. Метали трпе физичко-хемијске промене које им битно умањују чврстоћу и мењају облик, димензије и изглед (слика 3).



(a)



(б)

Слика 3. Последице корозије: временни трактор (а) и тањирача - вучена (б)

Делови средстава механизације, у току експлоатационог века долазе у додир са земљиштем, водом, минералним и органским ћубривом, средствима за заштиту биљака, биљкама (зеленим и сувим) итд. [3]. Корозиона средина пољопривредне механизације није једнозначно одређена својим карактеристикама већ се веома разликује у зависности од: места рада, чувања и складиштења машине, технолошке операције која се с њом изводи, режима рада, метеоролошких услова, итд. Она је веома специфична и има променљиве карактеристике које зависе од корозивности земљишта, састава земљишних растворова, атмосферских дејстава, влажности ваздуха, присуства микроорганизама, минералних ћубрива и других компонената које су корозивне или у реакцији са неким другим супстанцама праве корозиве. Описивање фактора корозионе средине на овом месту ће бити изостављено [3].

Фактори корозионе средине доприносе настанку разних облика корозије према механизимима хемијске и/или електрохемијске корозије које могу да изазову различите штетне последице. Ово указује на сложеност проблема и његове специфичности везане за заштиту средстава пољопривредне механизације од корозије.

### **Заштита од корозије пољопривредне механизације**

Од великог је техничког и економског интереса да се на неки од познатих начина спречи пропадање материјала услед корозије. Процес корозије се у потпуности не може спречити, али се применом одговарајуће заштите може свести на најмању меру (успоравањем процеса), чиме се продужује експлоатациони век материјала. Заштита металних конструкција могућа је на више начина [6]:

- заштита превлакама (органским, неорганским и металним), која се остварује дејством на границу која дели метал од околне средине; ово је најраширенiji метод заштите металних површина од корозије.
- електрохемијске методе заштите (метал се одржава у пасивном стању или у имуном стању, нпр. катодна заштита);
- обрадом корозионе средине (дејством на околну средину - кад су у питању пољопривредне машине због специфичности корозионе средине на ту средину се углавном не може деловати јер су пољопривредне машине највећим делом и у највећем временском периоду изложене атмосферском утицају);
- оплемењивањем метала (израда метала који ће бити у што већој мери отпорни на корозију у одређеној средини)

Иако се сва средства пољопривредне механизације испоручују са фабрички извршеном антикорозионом заштитом (сл. 1 и 2), у пракси до корозије појединих делова може доћи из више разлога, нпр: неквалитетно изведена корозиона заштита; корозиона заштита има краћи век од века делова; одстрањена је корозиона заштита са дела (утицајем фактора који су узроковани вршењем функције дела у експлоатационим условима) и др. Када наступи неки од наведених случајева, или више њих истовремено, потребно је применити одговарајућу заштиту од корозије.

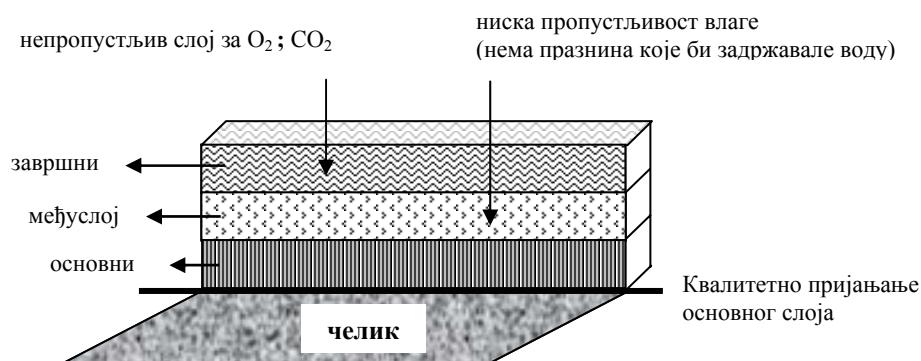
### Заштита превлакама

Најраширенiji метод заштите металних површина од корозије је дејство на границу која дели метал од околне средине. У оквиру овог метода највећи примени има заштита помоћу превлака. Материје које се користе за образовање заштитне превлаке [7] могу бити металне (цинк, кадмијум, никл, хром и др.) или неметалне (боје, лакови, гума, пластичне материје и др.). Најједноставнији начин заштите метала од корозије је превлачење металних површина превлакама органског и неорганског порекла.

У пракси је најраспрострањенији начин заштите металних површина од корозије помоћу органских премазних средстава. Највећи број делова средстава пољопривредне механизације је изложен корозионом дејству атмосфере (корозији на тлу), па су и за њихову заштиту веома ефикасне и економски исплативе органске превлаке.

Примарна сврха превлака је заштита од корозије, а секундарна сврха може бити: постизање одређених физичких својстава површине, постизање естетског изгледа, повећање димензија истрошених делова.

Сврха премаза је да спречи да дође кисеоник и влага у додир са челиком. Премази се обично наносе бојењем и то у два слоја: основни премаз и завршни премаз, а у специфичним случајевима наноси се и међуслој, зависно од агресивности околине, врсте премаза и важности заштите. Основни премаз мора да има квалитетно пријањање на металну површину и да је компатибилан са међуслојем јер он непосредно штити челик, а заштитни слој служи за заштиту основног и/или међуслоја од атмосферских утицаја и физичких оштећења.



Слика 4. Скица основног модела заштите премазом [8]

На слици 4 приказана је скица основног модела заштите премазом са међуслојем. Најчешће се укупна дебљина слојева заштите креће од 60 до 600 μm. Овај модел се у пракси све више користи. Тако на пример, због важности квалитета заштите и економичности заштите, примењује се у постојећем циклусу

површинске заштите каросерија путничких аутомобила из програма Фабрике аутомобила у Крагујевцу [9]. У систему превлака: катафоретска превлака-међупревлака-покривна превлака, којим је предвиђено бојење школјке аутомобила у три слоја, примењује се само једна нијанса међупревлаке (сива) за све нијансе боја покривних превлака. Испитује се могућност увођења бар још једне нијансе међупревлаке и утицај нове нијансе међупревлаке на визуелни ефекат различитих покривних превлака.

Пре сваког од могућих начина заштите потребно је извршити припрему површине метала тј. уклонити продукте оксида (корозије), коварине, масти, зваривачке шљаке, емулзија и других нечистоћа са његове површине. Само на тај начин створиће се услови да се премази нанесу на металну површину, а не на нечистоће које се на њој налазе и слабо прилађују за метал, па се после извесног времена заједно са премазом одвајају од површине.

Најчешће коришћени поступци припреме површине су [6]: одмашћивање (органским растворачима, воденим растворима детерцената, воденом паром и сл.); механичко чишћење (ручно и машинско); термичко чишћење (пламеном и високим температурама); хемијско чишћење (киселим и алкалним растворима, фосфирање, и сл.); електрохемијско чишћење. Избор поступка припреме металних површина, превасходно зависи од стања same површине и поступка будуће заштите. Уклањање продуката корозије најчешће се врши комбинацијом више поступака.

Постоје различити системи за антикорозиону заштиту пољопривредних машина: трактора, комбајна, прикључних машина и др. [10]. Премазно средство најчешће у течном стању наноси се на већ припремљену металну подлогу и за одређено време прелази у чврсто стање формирајући превлаку.

Као најквалитетнији основни премази у пракси су се показали стандардни танкослојни епоксидни премази, катран епоксиди, као и епоксиди богати цинком. Новије генерације епоксида су дебелослојни епокси премази који пружају изванредна заштитна својства као и уштеду времена у извођењу радова. Полиуретански премази на бази акрил/изоцијаната су показали изванредна својства отпорности на атмосферске утицаје, а полиестер/изоцијанат је један од најквалитетнијих завршних премаза, јег поред тога што има добру отпорност на атмосферске утицаје, има и изванредну хемијску отпорност. Евидентно је да су двокомпонентни системи премаза квалитетније и пре свега дуготрајније решење у односу на једнокомпонентне премазе које одликује једноставност у раду, али имају краћи век трајања. Одабрани систем заштите, поред основне функције (квалитетна заштита од корозије), треба да испуни и еколошке захтеве, односно да спречи загађење животне средине.

### **Подмазивање пољопривредне механизације и заштита од корозије**

Заштита делова пољопривредних машина од корозије може се вршити и мазивим средствима - уљима и мастима. Пољопривредна механизација, вучне машине и машине радилице, ангажоване најчешће у кампањи, захтевају беспрекорно одржавање и подмазивање [11]. Мазива уља и мазиве масти, поред одвођења вишке топлоте које се јавља услед техничко-технолошких услова рада имају основну функцију да смање коефицијент трења и да хабање сведу на минимум

(да врше подмазивање). Поред најосновније функције подмазивања, мазиво мора да задовољи и друге захтеве, као што је неутралност са свим материјалима у контакту.

Мазивим уљима одговарајућих врста и квалитета, код пољопривредне механизације подмазују се: мотор (већином то су дизел мотори), трансмисиони систем (зупчасти и ламелasti преносници у мењачима и диференцијалима) и хидраулички системи (имају основну функцију да пренесу и изврше трансформацију притисне енергије у користан рад). У хидрауличким системима преноса снаге, хидрауличка уља морају да поседују такве особине да испуњавају и следеће услове: да имају добра подмазна својства, да штите систем од корозије и да су неутрална на заптивни материјал.

Мазивим мастима на пољопривредној механизацији подмазују се котрљајући и клизни лежајеви, клизне површине, кардански зglobови, споне, ланчани преносници, челична ужад, отворени зупчаници и др.

Мазива уља и мазиве масти се могу користити за заштиту од корозије појединих делова пољопривредних машина. Уља и масти се обично користе као једноставан начин за заштиту необојених површина (спољашњих и унутрашњих) делова машина за обраду тла, као нпр: раоника плуга, плужних даски, мотицица шпартача и др. Защита је привремена (краткорочна) и врши се на крају сезоне. Уколико се заштити приступа непосредно после завршеног рада, тада није потребна посебна припрема површине. Потребно је темељно прање и сушење, а сама површина је без корозије и глатка, што је последица хабајућег дејства земље [3]. Међутим стајањем на ваздуху или после чишћења и прања ове површине постају врло подложне корозији, те је неопходно заштитити их у што краћем року.

Избор заштитних средстава за пољопривредне машине и начин њихове примене врши се у зависности од следећих фактора: 1. врсте машине, односно дела машине који се штити (машине се разврставају према степену корозије на необојеним деловима као и према степену корозионог оштећења обојених делова), 2. периода за који треба да буде конзервирана (кратак период до 3 месеца и дужи период преко 12 месеци) и 3. услова смештаја односно складиштења (затворени простор, надстрешница, отворени простор).

Пољопривредне машине које су ангажоване само у кампањи а одређено време године су усклађене у хангарима или испод надстрешница, неопходно је опрати и незаштићене делове заштитити против корозије [11].

*Табела 1. Припрема и анткорозиона заштита машина, уређаја и делова у зависности од услова складиштења и периода конзервирања [11]*

Назив производа	Примена
FAMIN	Одмашћивање и прање спољних површина мотора, машина, уређаја и делова.
FAMCORTIL 235	Анткорозиона заштита машина, уређаја и делова који се складиште у затвореном простору за временски период преко 18 месеци. Образује уљни заштитни филм.
FAMCORTIL 400	Анткорозиона заштита машина, уређаја и делова, који се складиште испод надстрешница и на отворено за временски период преко 12 месеци. Образује нелепив, провидан, еластичан сув филм.

Постоје разноврсна средства за припрему површине и за антикорозиону заштиту. Препоручена средства (табела 1) једноставно се наносе, а у случају да је потребно деконзервирање лако се уклањају уобичајеним одмашћивачима. Погодна су и за заштиту делова, алата и уређаја нових и старих, који се складиште у магацине, испод надстрешница и на отвореном простору.

На овом месту треба истаћи, да преко 90% средстава пољопривредне механизације се налази у власништву породичних газдинстава и да се пословима антикорозионе заштите баве углавном сами власници. Квалитет такве заштите је различит, а најчешће грешке које се праве при заштити су у лошој припреми површине која се заштићује. Ради тога би било добро да се формирају специјализоване радионице за одржавање и подмазивање, у склопу којих би се вршила и антикорозиона заштита пољопривредне механизације.

### **Економска исплативост заштите**

Иако је корозија по дефиницији штетан процес, може се у одређеним случајевима, поставити питање исплативости заштите од корозије.

Заштита од корозије нема оправдања ако је појавни облик и ток корозије такав да не утиче на функционалност и поузданост делова (елемената) средстава механизације, до краја њиховог експлоатационог века. Такође, непотребно је излагати се великим трошковима квалитетне заштите јефтиних делова, чији отказ не изазива застоје у производњи, нити утиче на поузданост у раду, а отклањање последица корозије не спада у хитне оправке.

Међутим, у пракси су много чешћи случајеви, када последице корозије могу бити такве да делови пољопривредних машина захваћени корозијом бивају угрожени и губе функционалност. У таквим ситуацијама треба приступити спровођењу заштитних мера које обухватају: избор начина заштите од корозије и избор антикорозивног средства у функцији економске исплативости извршеног избора.

Оптимизацијом поступака заштите може се остварити ефикасна заштита од корозије и могу се смањити трошкови заштите. Тако на пример, код модела заштите премазом са међупревлакама, могу се смањити дебљине појединих слојева превлака (нпр., покривних, у аутомобилској индустрији), чиме се постижу жељене карактеристике и смањују трошкови заштите.

Економска исплативост спровођења заштитних мера можда се на први поглед не може видети, али убрзо она ће се испољити кроз продужавање века трајања саме машине, смањења издатака на поправке, уштеде у времену проузроковане застојима у раду због квара – што је врло важан фактор када је реч о сезонским радовима.

### **4. ЗАКЉУЧАК**

Наша земља располаже великим бројем средстава пољопривредне механизације, која су свакодневно, непосредно после производње, а нарочито током експлоатације и за време складиштења ван сезоне, изложена низу штетних утицаја, од којих корозија заузима значајно место.

Та средства су током њихове експлоатације, изложена дејству околне средине која својим специфичним карактеристикама, на њих делује корозивно. Оштећења средстава механизације, која настају услед корозивног дејства околне средине, испољавају се у форми разарања структуре, смањивања механичких својстава и промени облика, димензија и изгледа.

Не постоје систематизовани подаци о штетама које могу настати и које настају као последица дејства корозије на средства пољопривредне механизације, али је сасвим сигурно да су оне толике, да се питању заштите пољопривредних машина мора посветити потребна пажња стручњака.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Павловић Г.: Неки аспекти корозије и заштите метала, Зборник радова, саветовање, Пожаревац (2008), стр. 27, 28 и 29.
- [2] Бобић, Б., Јегдић, Б.: Корозија заварених спојева, део први, Заваривање и заварене конструкције (1/2005), стр. 33-39.
- [3] Божић, С., Радојевић, Р.: Корозија средстава механизације у пољопривреди, Защита материјала 49, Београд, 2008., број 3, стр. 45-50.
- [4] Сајт ИМТ, Београд, Србија: Фотографије ознаке 01 и 03-ИМТ-407-прик
- [5] Ђурић, С., Ђорђевић, Љ., Митић, Д: Примена наваривања у одржавању пољопривредних алата, Пољопривредна техника, научни часопис, Пољопривредни факултет, Београд, 2007., број 3, стр. 81-88
- [6] Пејовић, Б., Томић, М.В., Павловић, М.Г.: О неким методама за отклањање продуката корозије метала у пракси, Зборник радова, X YUCORR, Тара, 2008., стр. 251-254.
- [7] Добовишек, Ж: Примјена галванских и хемијских превлака у савременом машинству, Завод за издавање уџбеника Сарајево, 1968.
- [8] Juraga I. i dr.: Korozija i metode zaštite od korozije, 2008. [www.fsb.hr/korozija](http://www.fsb.hr/korozija)
- [9] Миловановић, В., и др: Испитивање утицаја нијансе међупревлаке на визуелни ефекат покривне моћи покривне превлаке у систему који се користи за површинску заштиту каросерија, Зборник радова, X YUCORR, Тара, 2008., стр. 170-176.
- [10] Бошковић, Р.: Савремена средства за заштиту конструкцијних материјала, Зборник радова, саветовање, Пожаревац (2008), стр. 153-155.
- [11] Дељанин, Д., Поповић, М., Ђевач: Подмазивање пољопривредне механизације, XXIX Симпозијум пољопр. технике, Тара, 2003., 134-139.
- [12] Newman, R.C., Marcus, P., Oudar, J.: Corrosion Mechanisms in Theory and Practice, Dekker, 1995.

## CORROSION AND PROTECTION OF AGRICULTURAL MACHINERY

**Miroljub Trifunovic<sup>1</sup>, Caslav Lacnjevac<sup>2</sup>, Radisa Peric<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> "Narodna tehnika", Pozarevac, <sup>2</sup>Agricultural Faculty, Belgrade – Zemun,  
<sup>3</sup>Perić&Peric Co. d.o.o, Pozarevac

**Abstract:** The Serbian Republic is an agricultural country and it manages a large number of agricultural machinery. The machinery while being used, kept and stored, are exposed to external influence which with specific characteristics, on them act corrosively. By that a huge amount of damage can be caused and losses to family owned farms, to companies and to farmers cooperative. In order to reduce or eliminate the damage it is necessary to emphasize the importance to learn about corrosion and protection in the field of agricultural machinery.

**Key words:** corrosion, protection, agricultural machinery.



UDK: 631.614.86

## **NESREĆE SA TRAKTORIMA U POLJOPRIVREDI REPUBLIKE MAKEDONIJE ZA PERIOD 1999 – 2008. GODINA**

**Zoran Dimitrovski<sup>1</sup>, Mićo V. Oljača<sup>2</sup>, Kosta Gligorević<sup>2</sup>, Lazar N. Ružićić<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Poljoprivredni fakultet, Univerzitet Goce Delčev - Štip, Republika Makedonija*  
*e-mail: zoran.dimitrovski@ugd.edu.mk*

<sup>2</sup>*Poljoprivredni fakultet - Beograd, Srbija, e-mail: omico@agrif.bg.ac.rs*

<sup>3</sup>*Fakultet za Biofarming, Megatrend Univerzitet, Beograd, Srbija, email: laru@sbb.rs*

**Sadržaj:** U radu prikazani su rezultati istraživanja nesreća sa traktorima u poljoprivredi Republike Makedonije. Posebna pažnja posvećena je trendu broja nesreća i nastrandalih osoba sa traktorima u poljoprivrednoj proizvodnji, kao rezultat raznih uzroka nesreća u poslednjih 10 godina. U periodu istraživanja od 1999. do 2008. godine dogodilo se ukupno 893 nesreće u kojima su učestvovali traktori. U ovom periodu ukupno je nastrandalo 1430 osoba, od kojih 1259 u saobraćajnim nesrećama, a 171 u nesrećama pri radu sa traktorima u poljoprivrednim uslovima.

**Ključne reči:** *traktori, nesreće, uzroci 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 koja se nalaze na farmama. Pored toga, radni procesi u suvremenoj poljoprivredi, šumarstvu i građevinarstvu, danas se ne mogu zamisliti bez upotrebe određenih specijalizovanih tipova mehanizacije. Jedna od osnovnih mašina koja ima najširu primenu u navedenim granama privrede je i traktor. Danas u Svetu postoji više proizvođača raznih tipova savremenih poljoprivrednih traktora ili sličnih radnih mašina koji moraju da obezbede mnogobrojne zahteve za energijom u toku radnog procesa u poljoprivredi, šumarstvu i građevinarstvu ili drugim oblastima primene. Međutim, sa razvojem i mnogim pozitivnim efektima primene, traktori i druge poljoprivredne mašine, istraživači u svojim radovima i literaturnim podacima [2], [5], [6], [15] nesumnjivo prikazuju kao jedan od glavnih uzroka pojave raznih tipova povreda, i nesreća, sa različitim, pa i tragičnim posledicama.

Kretanje traktora [16], se odvija najviše na lokalnim i regionalnim putevima Republike Makedonije na kojima se kretanje vozila odvija u oba pravca u dve saobraćajne trake. Frekvencija saobraćaja na ovim putevima je velika, posebno u većim poljoprivrednim regionima (Skopsko-Kumanovski, Mediteranski, Pelagoniski region) u toku poljoprivrednih radova. Veliki broj saobraćajnih sredstava (kolske zaprege, traktora, automobila, autobusa, kamiona i slično) koji se kreću na javnim lokalnim i regionalnim putevima su potencijalni uzročnici saobraćajnih nesreća. 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) i eksploracija tehnički neispravnih vozila (neosvetljene zaprege noću, neosvetljeni traktori sa neispravnim svetlosnim i signalnim uredajima, vrlo često neispravni uređaji za upravljanje i kočenje kod raznih vozila i slično). Traktor u kretanju po javnim putevima ili van njih, aggregatiran sa priključnom mehanizacijom posebno u poljoprivrednim regionima, često puta doprinosi povećanju broja saobraćajnih nesreća [17]. Pored toga nesreće sa traktorom mogu se dogoditi i van javnih puteva na njivama, livadama, poljskim i planinskim nekategorisanim putevima kao i u dvorištu farmi, vlasnika poljoprivredne mehanizacije.

Uzroci pojave nesreća u kojima su učestvovali traktori mogu da budu veoma različiti. Kao rezultat smanjenje vidljivosti (rano ujutro ili kasno uveče) na putevima, nepoštovanja saobraćajnih znakova i propisa 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 koji su direktni učesnici u procesu proizvodnje, često puta rezultiraju sa teškim telesnim povredama ili su to povrede sa fatalnim posledicama [7], [8].

## MATERIJAL I METODE ISTRAŽIVANJA

Nesreće sa traktorima u poljoprivredi Republike Makedonije u periodu od 1999 do 2008 godine analizirani su u oblasti:

- Transportnih aktivnosti u javnom saobraćaju na putevima Makedonije sa učešćem traktora i prikolica
- Nesreće pri radu sa traktorom u poljoprivrednim uslovima

Podaci o nesrećama [17], [18] dobijeni od RMUP u Skoplju (Odsek za analitiku i istraživanje) i Državnog zavoda statistike, za period od 1999 do 2008 godine.

Podaci istraživanja su tabelarno prikazani po godinama, uzrocima i posledicama događanja nesreća, a zatim analizirani su grafičko-analitičkim metodama.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA

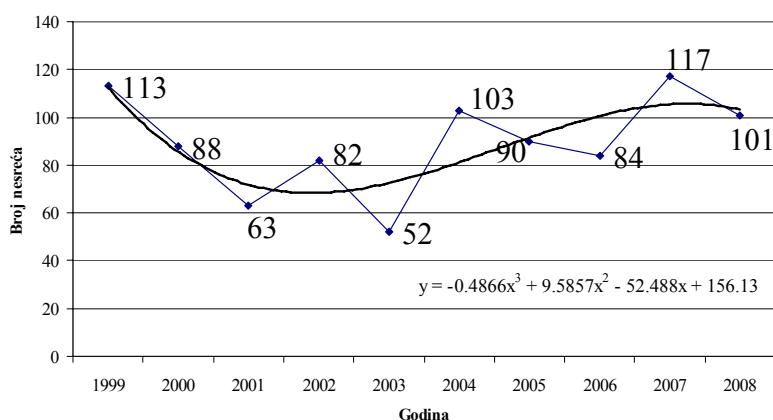
U periodu istraživanja od 1999. do 2008. godine analizirane su saobraćajne nesreće u kojima su učestvovali traktori, i nesreće pri radu sa traktorom u poljoprivrednim uslovima. Ukupan broj nesreća u kojima su učestvovali traktori a koje su se dogodile u ovom vremenskom periodu, prema izveštajima Sektora analitike MUP-a Republike Makedonije i Državnog zavoda statistike predstavljeni su u Tab. 1 i Graf. 1. Prema prikazanim rezultatima (Tab. 1) može se konstatovati, da se u periodu istraživanja u

Republici Makedoniji dogodilo ukupno 893 ili prosečno godišnje po 89,3 nesreća u kojima su učestvovali traktori i poljoprivredna mehanizacija. Najviše nesreća u kojima su učestvovali traktori dogodilo se u 2007 godini 117, a najmanje u 2003 godini 52.

*Tab. 1. Ukupan broj nesreća sa traktorima u periodu 1999-2008 godine u Makedoniji*

Godina	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Ukupno	Prosek
Nesreće u kojima su učestvovali traktori	113	88	63	82	52	103	90	84	117	101	893	89,3

Međutim, 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 linija broja saobraćajnih nesreća je funkcija 3 stepena oblika:  $y = -0,4866x^3 + 9,5857x^2 - 52,488x + 156,13$  što potvrđuje, da tokom godina istraživanja dolazi do variranja broja nesreća sa traktorima.

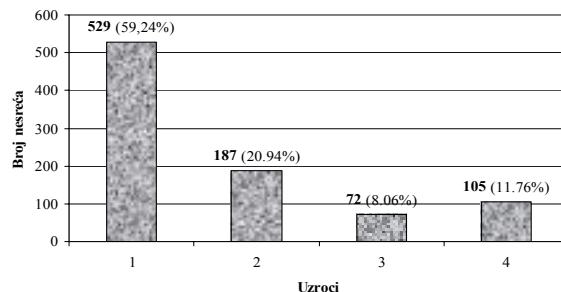


*Graf. 1. Broj nesreća u kojima su učestvovali traktori u periodu 1999-2008.*

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 znakova i propisa ili bezbednosnih mera pri radu sa poljoprivrednim mašinama, tehnička neispravnost traktora, neiskustvo i loše psiho-fizičko stanje vozača ili rukovaoca poljoprivrednih mašina, dogadaju se veliki broj nesreća [6].

Uzročnici najvećeg broja saobraćajnih nesreća 529 (59,24%) su rukovaoci traktora i vozači ostalih motornih vozila kao rezultat nepoštovanja saobraćajnih znakova i propisa (Graf. 2).

Takođe ljudski faktor, odnosno zbog lošeg psiho-fizičkog stanja rukovaoca traktora i vozača drugih motornih vozila ili zbog nedovoljnog iskustva pri eksplataciji traktora, dogodilo se 187 (20,94%) saobraćajnih nesreća od ukupnog broja nesreća. Greške pešaka, putnika i tehnička neispravnost vozila, bili su uzročnici 72 (8,06%) saobraćajnih nesreća.



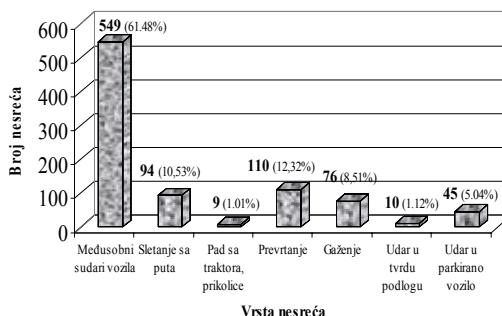
Graf. 2. Uzroci i broj nesreća u kojima su učestvovali čovek i traktor u periodu 1999-2008. godina

1. Saobraćajne nesreće (nepoštovanje saobraćajnih znakova i propisa)
2. Saobraćajne nesreće (loše psihofizičko stanje i nedovoljno iskustva)
3. Saobraćajne nesreće (greške pešaka, putnika i teh. neispravnost vozila)
4. Nesreće pri radu sa traktorom (nepažnja, teh. neispravnost traktora ...)

Pored saobraćajnih nesreća, u ukupnom broju nesreća sa traktorima nalaze se i nesreće pri radu sa traktorom u poljoprivrednim uslovima. U periodu istraživanja najčešće zbog greški rukovaoca traktora, pri radu sa traktorom dogodilo se 105 (11,76%) nesreća od ukupnog broja nesreća sa traktorima.

Uzroci nesreća koji su navedeni u Graf. 2. (nepoštovanje saobraćajnih znakova i propisa, psihofizičko stanje i neiskustvo rukovaoca traktora i vozača motornih vozila, i greške pešaka, putnika i tehnička neispravnost vozila) dovode do pojave raznih vrsta nesreća.

U poljoprivredi Republike Makedonije u javnom saobraćaju na putevima (odlazak i dolazak na njive), najčešća vrsta nesreća su sudari u zavisnosti od pravca kretanja traktora i ostalih motornih vozila. Ukupan broj vrsta nesreća prikazani su podacima istraživanja (Graf. 3).



Graf. 3. Ukupan broj i vrsta nesreća u kojima su učestvovali traktori za period 1999-2008. godina

Prema rezultatima grafičkog prikaza (Graf. 3) u kojoj je predstavljen ukupan broj vrsta nesreća u periodu od 1999 do 2008 godine može se konstatovati sledeće. Od ukupno 893 nesreća u kojima su učestvovali traktori, najizraženija vrsta nesreća su međusobni sudari traktora i ostalih motornih vozila, gde je evidentirano ukupno 549 (61,48 %) nesreća.

Prevrtanje traktora je nesreća koja je evidentirana u ovom periodu sa 110 (ili 12,32%) nesreća od ukupnog broja vrsta nesreća. Sletanje sa, puta pa gaženje traktorom su vrste nesreća koje slede prema broju nesreća sa traktorima koji su zastupljeni sa 94 (10,53%) odnosno 76 (8,51%) nesreća, a rezultat su smanjene pažnje rukovaoca traktora, pešaka, ili putnika na traktoru.

Najmanji broj nesreća 9 (1,01%) je rezultat nepažnje putnika i nekontrolisanog kretanja traktora pri čemu je došlo pada sa traktora ili prikolice koja vuče traktor.

Međusobni sudari vozila, kao vrsta nesreća, su najzastupljeniji na javnim putevima u gradovima a posebno van naseljena mesta koja su rezultat nepoštovanja zakona i propisa o bezbednosti u saobraćaju.

U poljoprivrednoj proizvodnji, pri eksploraciji traktora često dolazi do povredjivanja poljoprivrednih radnika. U tim slučajevima, povrede su medicinski klasifikovane kao: lake telesne povrede, teške telesne povrede, i povrede sa tragičnim posledicama.

Zbog toga postoji istraživanja i zaključci da su traktori povezani sa više od 50 % nesreća koje se dešavaju na farmama u S.A.D [3], [11], [13].

Ako se uzme u obzir predhodno navedeni broj nesreća u kojima su učestvovali traktori, povrede i nesreće sa teškim i tragičnim posledicama učesća čoveka i traktora, u Republici Makedoniji predstavljaju veliki problem u poljoprivrednoj proizvodnji. Prema podacima, dobijenim iz Državnog zavoda za statistiku [18], MUP-a [17] Republike Makedonije, u periodu od 1999. do 2008. godine ukupno je povređeno 1.430 osoba u nesrećama u kojima su učestvovali traktori (Tab. 2).

Tab. 2. Posledice nesreća u kojima su učestvovali traktori u periodu 1999-2008

Posledice	Saobraćajne nesreće u kojima su učestvovali traktori	Nesreće pri radu sa traktorom u poljoprivrednim uslovima	Ukupno
Poginuli, teško i lako povređeni	<b>1259</b>	<b>171</b>	<b>1430</b>
%	<b>88,04</b>	<b>11,96</b>	<b>100</b>

Od ukupnog broja nastrandalih osoba (poginuli, teško i lako povređeni), 1.259 (88,04%) osoba nastrandalo je u saobraćajnim nesrećama sa traktorima a 171 (11,96%) u nesrećama pri radu sa traktorima u poljoprivrednim uslovima.

Imajući u vidu da prosečna starost traktora [7] u Makedoniji iznosi približno 26 godina, bezbednost pri eksploraciji je na vrlo niskom nivou. Tehnički neispravni traktori su veoma opasni za rukovaoca traktora i druge učesnike u saobraćaju ili poljoprivrednoj proizvodnji. Sa starijim traktorima (tehnički neispravni, bez kabina i sigurnosnih kaiševa) u nesrećama u međusobnim sudarima vozila ili pri prevrtanju traktora rukovaoc nema skoro nikakvu zaštitu, a posledice nesreća su teške telesne povrede, ili su vrlo često tragične po život farmera.

## ZAKLJUČAK

Prema rezultatima istraživanja nesreća sa traktorima u poljoprivredi Republike Makedonije može se konstatovati:

1. U periodu istraživanja od 1999. do 2008. godine, dogodilo se ukupno 893 ili prosečno godišnje po 89,3 nesreće u kojima su učestvovali traktori.
2. Trend nesreća tokom godina istraživanja varira kao rezultat uticaja raznih faktora u poljoprivrednoj proizvodnji.

3. Uzročnici najvećeg broja saobraćajnih nesreća 529 (59,24%) su rukovaoci traktora i vozači ostalih motornih vozila kao rezultat nepoštovanja saobraćajnih znakova i propisa.

4. U periodu istraživanja u poljoprivrednim uslovima, najčešće zbog greški rukovaoca traktora, pri radu sa traktorom dogodilo se 105 (11,76%) nesreća od ukupnog broja nesreća sa traktorima.

5. Od ukupno 893 nesreća u kojima su učestvovali traktori, najizraženija vrsta nesreća su međusobni sudari traktora i ostalih motornih vozila, gde je evidentirano ukupno 549 (61,48%) nesreća.

6. U periodu od 1999 do 2008 godine ukupno je povređeno 1430 osoba u nesrećama u kojima su učestvovali traktori, od kojih 1259 (88,04%) osoba nastradalo je u saobraćajnim nesrećama sa traktorima a 171 (11,96%) u nesrećama pri radu sa traktorima u poljoprivrednim uslovima.

7. 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 Makedonije.

## 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, 12<sup>th</sup> 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., Ružićić 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): Nesrečni događaji u radu poljoprivrednih mašina, Dan poljoprivrednog fakulteta, str. 100-107, Fakultet poljoprivrednih nauka i hrane, Skoplje.
- [9] Dimitrovski Z., Oljača V.M., Tanevski D., Ruzicic L. (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] Križnar M., Tešić M., Časnji F. (1985): Previous acts of protection at work, tools and equipment in agriculture. Working material of Rulebook, VDPT, Novi Sad – Trogir.
- [11] New Y.C. for Agricultural Medicine and Health (1998): Tractors, the Number One Cause of Fatalities on the Farm, Training curriculum, New York.

- [12] 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<sup>o</sup>2, pp. 191-196, Novi Sad.
- [13] National Institute for Occupational Safety and Health (1993): National traumatic occupational fatalities surveillance system., Morgantown, WV: U.S. Department of Health and Human Services.
- [14] 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.
- [15] Oljača V.M., Đokic M., Ružić L., Radoja L., Bandić J. (2001): The accidents and their causes in work with the agricultural machines, 2001 Annual International Meeting -The American Society of Agricultural Engineers, Section N<sup>o</sup>74, Advancing in the Science of Agricultural Safety and Health, ASAE paper N<sup>o</sup> 018036, CA, USA.
- [16] Temelkoski D. (2000): Patišta, Tehnički fakultet, Bitola.
- [17] Costello T.M., Shulman M.D., Luginbuhl R.C. (2002): Understanding the public Health Impacts of Farm Veicle public Road Crashes in Nort Carolina. Journal of Agricultural safety and Healt.
- [18] Izvestaji Sektora analitike MUP-a (2008) Republike Makedonije, Skoplje.
- [19] Izveštaji Državnog zavoda statistike Republike Makedonije, Statistički godišnjik 1995, 1998, 2003, 2004, Skoplje.
- [20] Shutske M. John (2003): Farm Injuries and Rural Emergencies.University of Minnesota, Department of Biosystems and Agricultural Engineering.
- [21] 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 IN AGRICULTURAL PRODUCTION IN REPUBLIC OF R. MACEDONIA FROM 1999 – 2008.

**Zoran Dimitrovski<sup>2</sup>, Mićo V Oljača<sup>3</sup>, Kosta Gligorević<sup>2</sup>, Lazar N. Ružić<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Faculty of Agriculture, Goce Delčev University - Štip, Republic of Macedonia*  
e-mail: zoran.dimitrovski@ugd.edu.mk

<sup>2</sup>*Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Engineering , Belgrade, Serbia*  
e-mail omico@agrif.bg.ac.rs

<sup>3</sup>*Faculty of Biofarming, Megatrend University, Belgrade, Serbia, email: laru@sbb.rs*

**Abstract:** This paper presents the results of investigations of accidents with tractors in the agriculture of the Republic of Macedonia. Particular attention is paid to trends in the number of accidents and victims with tractors in agricultural production, which are the result of various causes of accidents in the last 10 years. In the study period from 1999. to 2008., 893 accidents happened, which involved tractors. In this period 1430 people are injured, out of which, 1259 in traffic accidents and 171 by handling tractors in the agricultural conditions.

**Key words:** tractors, accidents, causes of accidents, consequences of accidents





UDK: 631.614.86

## TRAGIČNE POSLEDICE NESREĆA SA TRAKTORIMA ZA PERIOD 1999 – 2008. GODINA U POLJOPRIVREDI REPUBLIKE MAKEDONIJE

Zoran Dimitrovski<sup>1</sup>, Mićo V. Oljača<sup>2</sup>, Kosta Gligorević<sup>2</sup>, Lazar N. Ružićić<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Poljoprivredni fakultet, Univerzitet Goce Delčev - Štip, Republika Makedonija  
e-mail: zoran.dimitrovski@ugd.edu.mk

<sup>2</sup>Poljoprivredni fakultet - Beograd, Srbija, e-mail: omico@agrif.bg.ac.rs

<sup>3</sup>Fakultet za Biofarming, Megatrend Univerzitet, Beograd, Srbija, email: laru@sbb.rs

**Sadržaj:** U radu su prikazani rezultati istraživanja tragičnih posledica u nesrećama sa traktorima koji učestvuju u poljoprivredi Republike Makedonije. Istraživani su uzroci nesreća koji su doveli do fatalnih povreda kod farmera u poljoprivrednoj proizvodnji, na putu od farme do njive i nazad. Prema rezultatima istraživanja od 1999. do 2008. godine u nesrećama sa traktorima pognuto je ukupno 148 osoba. Najčešći uzrok nesreća je neprilagođena brzina kretanja i uslovima na putu, a najčešće tragične posledice su rezultat sudara vozila i prevrtanje traktora.

**Ključne reči:** traktor, nesreće, sudari, prevrtanje traktora, tragične posledice

### UVOD

Savremena poljoprivredna proizvodnja u eksploracionom smislu, postavlja značajne zahteve kako u odnosu na mašinu (traktor), tako i u odnosu na čoveka korisnika. Razlozi tome nalaze se u složenosti i interakciji agrotehničkih, meteoroloških i bioloških uslova koji prate poljoprivrednu proizvodnju.

Veliki broj faktora koji utiču na eksploraciju i bezbednost korišćenja traktorsko-mašinskog agregata (TMA) kao i njihova korelaciona zavisnost, otežavaju primenu poljoprivredne tehnike na raznim mestima i uslovima. Iz tog razloga i dolazi do velikog broja nesrećnih slučajeva koja se često završavaju tragično.

Savremena poljoprivredna proizvodnja se ne može zamisliti bez upotrebe savremenih poljoprivrednih mašina, a osnovna mašina koja ima najširu upotrebu u poljoprivredi je traktor. Međutim, u mnogobrojnim okolnostima prema l [2], [3] traktori su potencijalno vrlo opasne vučno-pogonske mašine, naročito u slučaju ako se ne koriste prema određenim tehničkim pravilima sigurnosti [7], [16] preventive i zaštite [8] i svakako zakonskih i saobraćajno-tehničkih regulativa.

Sa razvojem i mnogim pozitivnim efektima primene, traktor i druge poljoprivredne mašine, istraživači u svojim radovima i literaturnim podacima nesumnjivo prikazuju traktor kao jedan od glavnih uzroka pojave raznih tipova povreda, i nesreća, sa različitim, pa i tragičnim posledicama. Na primer, prema podacima [7], [18], [26], u poslednjih 10 godina, direktno u poljoprivrednoj proizvodnji u Sjedinjenim Američkim Državama godišnje tragično nastrada prosečno 800 osoba, u Finskoj 14, u Irskoj 31, u Sloveniji 35 u Srbiji 75 rukovalaca ili korisnika poljoprivrednih mašina.

Takođe, mnogobrojna istraživanja prikazana u svetskoj literaturi potvrđuju, da na svaki tragični slučaj dolazi u proseku 40 povređenih farmera (teške i luke povrede, invalidi rada sa traumatskim posledicama različitih nivoa socijalnih problema). Prema rezultatima studije iz 1999 godine [25], prosečno godišnje pogine po 21 odrasla osoba u poljoprivredi Floride (USA). Najčešća vrsta nesreća u ovim istraživanjima je prevrtanje traktora. U Americi 36% nesreća u poljoprivrednoj proizvodnji, predstavlja posledicu i rezultat nepravilne eksploracije traktora, dok je u 19% nesreća uzročnik ostala poljoprivredna mehanizacija.

Izveštaji o bezbednosti na farmama u Irskoj takođe potvrđuju, da su opasnosti i broj nesreća pri eksploraciji traktora vrlo česti u poljoprivrednoj proizvodnji. Samo u 2001 godini, prema izveštaju poginulo je 24 osobe uključujući i sedmoro dece na Irskim farmama, a ova posledica je uglavnom rezultat nesreće sa traktorima, nesreće sa ostalom poljoprivrednom mehanizacijom, životinje i pad sa visine [28]. Zbog ovih navedenih repernih činjenica iz literature, potvrđenih istraživanjima, poljoprivreda se danas smatra relativno opasnom granom privrede i rangira se kao druga posle građevinarstva, prema broju nesreća sa tragičnim posledicama.

Povrede i nesreće sa tragičnim posledicama učešća čoveka i traktora u Republici Makedoniji predstavljaju crnu tačku poljoprivredne proizvodnje. Prema podacima dobijenim iz Državnog zavoda za statistiku [22], Kliničkog centra [21] i MUP-a [20], R. Makedonije u periodu od 1993 do 2003 godine prosečno godišnje pogine po 14 osoba u saobraćajnim nesrećama u kojima su učestvovali traktori. Takođe, u nesrećama pri radu sa traktorom prosečno pogine 9 osoba, od kojih 5 su bili vozači traktora, a 4 su putnici na traktoru ili prikolici.

Danas se u Svetu posvećuje velika pažnja bezbednosti, sigurnosti kao i podizanju tehničke kulture farmera u radu sa mašinama. Međutim, nesreće sa traktorima i ostalom poljoprivrednom mehanizacijom [17] i dalje se dešavaju kao rezultat nepravilnog rukovanja, nepoštovanja elementarnih saobraćajnih propisa, psihičkog i fizičkog umora, neispravnosti mašina i slično. Slaba obučenost farmera (posebno rukovaoca poljoprivrednih mašina) jer nema permanentnih obuka i propratnih stručno-popularnih kurseva za pravilno korišćenje i održavanje traktora i ostale poljoprivredne mehanizacije, ima direktni uticaj na broj događanja nesreća sa teškim i fatalnim posledicama u poljoprivredi Makedonije.

## MATERIJAL I METODE ISTRAŽIVANJA

Nesreće i povrede sa fatalnim posledicama kod poljoprivrednih proizvođača u javnom saobraćaju Republike Makedonije, analizirane su u oblasti:

- Transportnih operacija u javnom saobraćaju na putevima Makedonije sa učešćem traktora i prikolica
- Nesreće pri radu sa traktorom u poljoprivrednim uslovima

Podaci o pognulim osobama [20], [21], [22] dobijeni su od Državnog zavoda statistike, MUP-a R. Makedonije, Kliničkog centra i Zdravstvenih ustanova u periodu od 1999 do 2008 godine. Arhive ovih institucija poslužili su za prikupljanje podataka o tragično pognulim osobama u poljoprivrednoj proizvodnji.

Podaci istraživanja su tabelarno i grafički prikazani po godinama, uzrocima i posledicama nesreća.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA

U poljoprivrednoj proizvodnji pri eksploataciji traktora u javnom saobraćaju ili direktno na njivi događa se veliki broj nesreća [18], [23], [24]. Nažalost, u ovim nesrećama farmeri, najčešće kao posledice imaju teške telesne povrede ili to su povrede sa tragičnim posledicama. Tako je na primer [19], u periodu od 1980 do 1988 godine u poljoprivrednoj proizvodnji u Srbiji u nesrećama sa traktorima, pognuto 900 traktorista ili prosečno 112 godišnje. Prema podacima iz literature u SAD [23], prosečno u poljoprivrednoj proizvodnji dešava se 1300 nesrećnih slučajeva sa tragičnim posledicama i 120 000 nesreća sa teškim telesnim povredama.

U periodu istraživanja od 1999 do 2008 godine u nesrećama u kojima su učestvovali traktori nastradalo je ukupno 1430 osoba, od kojih 1259 (88,04%) u saobraćajnim nesrećama i 171 (11,96%) osoba u nesrećama pri radu sa traktorima u poljoprivrednim uslovima. (Tab. 1).

*Tab. 1. Posledice nesreća u kojima su učestvovali traktori*

Posledice	Saobraćajne nesreće u kojima su učestvovali traktori	Nesreće pri radu sa traktorom u poljoprivrednim uslovima	Ukupno
Pognuli, teško i lako povređeni	1259	171	<b>1430</b>
%	88,04	11,96	<b>100</b>

Od ukupnog broja nastradalih osoba 1430 u nesrećama sa traktorima pognuto je ukupno 148 ili prosečno godišnje po 14,8 osoba (Tab. 2).

Od ukupnog broja najviše 57 (38,51%) osoba tragično je nastradalo u saobraćajnim nesrećama kao rezultat nepoštovanja saobraćajnih znakova i propisa i 44 (29,73%) osoba u nesrećama pri radu sa traktorima u poljoprivrednim uslovima.

*Tab. 2. Ukupan broj tragično nastradalih osoba u nesrećama sa traktorima*

Posledice	Uzroci saobraćajnih nesreća			Uzroci nesreća pri radu sa traktorom	Ukupno
	Nepoštovanje saobrać. znakova i propisa	Psiho-fizičko stanje	Greške pešaka, putnika i teh. neispr. vozila		
<b>Pognuli</b>	57 (38,51%)	32 (21,62%)	15 (10,14%)	44 (29,73%)	<b>148</b>
<b>Prosek (10 godina)</b>	5,7	3,2	1,5	4,4	<b>14,8</b>

Ukoliko se analiziraju uzroci nesreća koje su doveli do smrtnih posledica (Tab. 3) može se konstatovati, da u saobraćajnim nesrećama gde su učestvovali traktori najveći broj 29 (50,88%) osoba, tragično su nastradali, zbog neprilagođene brzine kretanja prema saobraćajnim znacima i uslovima na putu.

Veći broj osoba su tragično nastradale kao rezultat neustupanja prvenstva prolaza, gde su poginuli 10 (17,54%) osoba a zbog nepropisnog kretanja 9 (15,79%) osoba. Najmanji broj osoba 3 (5,26%) tragično nastradalo je kao rezultat grešaka vozača i rukovaoca traktora pri zaustavljanju i parkiranju vozila.

Tab. 3. Tragično nastradale osobe u saobraćajnim nesrećama sa traktorima

Godina	Uzroci saobraćajnih nesreća						Ukupno
	Neprilagodena brzina	Nepropisno preticanje	Nepropisno mimoilaženje	Nepropisno kretanje	Neustupanje prvenstva	Zaustavljanje i parkiranje	
1999	5	0	0	1	2	0	8
2000	2	2	0	1	3	2	10
2001	3	0	0	1	0	0	4
2002	4	2	0	0	2	0	8
2003	0	0	0	0	0	0	0
2004	1	0	0	3	2	0	6
2005	3	0	0	0	0	0	3
2006	1	1	0	0	0	0	2
2007	4	0	0	1	0	1	6
2008	6	1	0	2	1	0	10
<b>Ukupno poginuli</b>	<b>29</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>3</b>	<b>57</b>
<b>Prosek</b>	<b>2,9</b>	<b>0,6</b>	<b>0</b>	<b>0,9</b>	<b>1,0</b>	<b>0,3</b>	<b>5,7</b>
<b>%</b>	<b>50,88</b>	<b>10,53</b>	<b>0</b>	<b>15,79</b>	<b>17,54</b>	<b>5,26</b>	<b>100</b>

Greške rukovaoca traktora i vozača motornih vozila, koja su rezultat faktora psihofizičkog stanja (konzumiranje alkohola ili opojnih droga, umor, bolest, fizički i psihički nedostaci i slično), i nedovoljnog iskustva u upravljanju traktorom i ostalih motornih vozila doveli su do pojave nesreća sa tragičnim posledicama u kojima je tragično nastradalo 32 (21,62%) osoba (Tab. 4).

Tab. 4. Tragično nastradale osobe u saobraćajnim nesrećama sa traktorima

Godina	Uzroci saobraćajnih nesreća			Ostale greške	Ukupno		
	Psiho-fizičko stanje		Nedovoljno				
	Alkohol	Ostali uzroci					
1999	1	1	iskustva	3	6		
2000	0	0	0	1	1		
2001	2	0	1	0	3		
2002	1	1	1	4	7		
2003	0	0	0	3	3		
2004	1	3	1	0	5		
2005	1	0	1	0	2		
2006	1	0	1	0	2		
2007	0	0	1	0	1		
2008	1	0	0	1	2		
<b>Ukupno poginuli</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>12</b>	<b>32</b>		
<b>Prosek</b>	<b>0,8</b>	<b>0,5</b>	<b>0,7</b>	<b>1,2</b>	<b>3,2</b>		
<b>%</b>	<b>25,00%</b>	<b>15,63</b>	<b>21,88%</b>	<b>37,50%</b>	<b>100</b>		

Prema rezultatima istraživanja (Tab. 4) može se konstatovati, da je kao rezultat navedenih uzroka nesreća, najveći broj osoba 13 (40,63%) tragično nastrada zbog lošeg psihofizičkog stanja rukovaoca traktora i vozača motornih vozila.

U saobraćajnim nesrećama kao rezultat konzumiranja alkohola tragično nastradalo je 8 (25,00%) osoba a zbog drugih uzroka koja su doveli do nestabilnog psihofizičkog stanja i imali direktni uticaj na koncentraciju i brzine reakcije rukovaoca ili vozača pognuto je još 5 (15,63%) osobe. Negativan uticaj psihofizičkog stanja rukovaoca i vozača drugih vozila na bezbednost i broj pognulih u saobraćajnim nesrećama navode i drugi autori u istraživanjima [19].

Nesreće koje su rezultat nedovoljnog iskustva vozača i rukovaoca traktora u upravljanju motornih vozila dovelo je do tragičnih posledica kod 7 (21,88%) osoba, a zbog nerazjašnjenih uzroka nesreća pognuto je još 12 (37,50%) osoba.

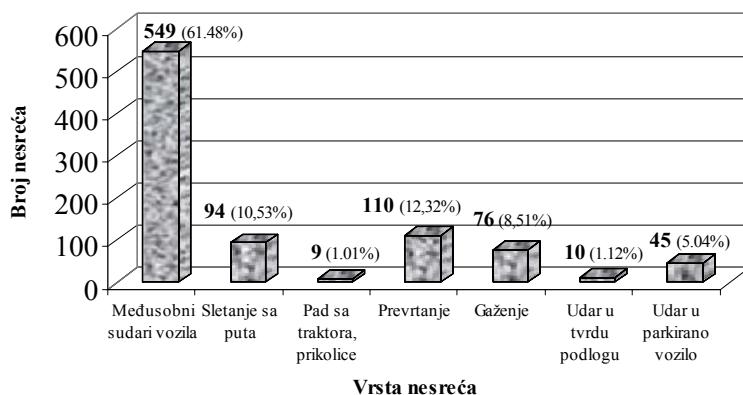
Pored rukovaoca poljoprivredne mehanizacije i vozača motornih vozila uzročnici saobraćajnih nesreća su još: greške pešaka, putnika i tehnička neispravnost vozila. Kao rezultat ovih uzroka tragično nastradalo je 15 (10,14%) osoba (Tab. 5).

Tab. 5. Tragično nastradali u saobraćajnim nesrećama sa traktorima

Godina	Greške		Tehnička neispravnost vozila	<b>Ukupno</b>
	Pešaka	Putnika		
1999	1	1	1	3
2000	0	0	1	1
2001	1	0	1	2
2002	0	1	0	1
2003	0	0	0	0
2004	0	1	1	2
2005	0	0	1	1
2006	0	0	3	3
2007	0	0	1	1
2008	0	1	0	1
<b>Ukupno pognuli</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>9</b>	<b>15</b>
<b>Prosek</b>	<b>0,2</b>	<b>0,4</b>	<b>0,9</b>	<b>1,5</b>
<b>%</b>	<b>13,33</b>	<b>26,67</b>	<b>60,00</b>	<b>100</b>

Prema rezultatima istraživanja (Tab. 5), može se konstatovati, da zbog tehničke neispravnosti vozila pognuto je najviše 9 (60,00%) osoba. U tabeli prikazani su još 6 osoba koji su pognuli u ovim nesrećama od kojih 2 su pešaka a 4 putnika.

Upoređujući uzroke saobraćajnih nesreća u kojima su tragično nastradali, sa vrstama saobraćajnih nesreća sa traktorima (Graf. 1) može se konstatovati, da je najviše osoba tragično nastradalo kao rezultat sudara motornih vozila i traktora sa 549 (61,48%). Prevrtanje odnosno sletanje traktora sa puta gde je ukupno evidentirano 110 (12,32%), odnosno 94 (10,53%) nastradalih osoba. Ovi uzroci nesreća koje su dovele do tragičnih posledica pri radu sa traktorom u poljoprivrednim uslovima, predstavljeni su Tab. 6, pa se može konstatovati, da je u periodu istraživanja pognuto ukupno 44 osobe.



Graf. 1. Ukupan broj vrsta saobraćajnih nesreća sa traktorima u periodu 1999 - 2008.

Tab. 6. Tragično nastrandale osobe pri radu u poljoprivredi sa traktorom

Godina	Uzrok nesreće						Ukupno
	Nepažnja	Neispravan traktor	Klizavo zemljiste	Gubljenje kontrole nad vozilom	Strman teren	Nepoznato	
<b>Ukupno poginuli 1999-2008</b>	<b>18</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>18</b>	<b>44</b>
<b>Prosek</b>	<b>1.8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.5</b>	<b>0.3</b>	<b>1.8</b>	<b>4.4</b>
<b>%</b>	<b>40.91</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>11.36</b>	<b>6.82</b>	<b>40.91</b>	<b>100</b>

Nepažnja pri radu sa traktorom u poljoprivrednim uslovima je najčešći uzrok nesreća sa tragičnim posledicama, kao rezultat ovog uzroka tragično nastrandalo je 18 (40,91%) osoba. Zbog gubljenja kontrole pri kretanju traktora ima 5 osoba (11,36%) od ukupnog broja poginulih pri radu sa traktorom.

Pri radu sa traktorom u poljoprivrednim uslovima, rukovaoc nije sam na traktoru, pa ako se desi teška nesreća, pogine rukovaoc i saputnik (najčešće pri prevrtanju traktora), teško je utvrditi pravi uzrok nesreće. Zato je u istraživanjima evidentirano još 18 (40,91%) osoba koji su tragično nastrandale zbog nepoznatih uzroka nesreća.

Kao rezultat evidentiranih uzroka nesreća (Tab. 6), izvršena je analiza vrsta nesreća u kojima su nastrandali farmeri na traktoru ili su bili u neposrednoj blizini (Tab. 7).

Prema rezultatima tabelarnog prikaza može se konstatovati, da zbog pojave prevrtanja traktora tragično nastrada najveći broj osoba 34 (77,27%) od ukupnog broja poginulih u poljoprivrednim uslovima. Gaženje točkovima traktora je još jedna vrsta nesreća sa tragično nastrandalim osobama. Na ovaj način poginulo je ukupno 5 osoba (11,36%).

Tab. 7. Tragično nastrandale osobe pri radu sa traktorom u poljoprivrednim uslovima

Godina	Vrsta nesreća pri radu sa traktorom						<b>Ukupno</b>
	Sletanje sa puta	Pad sa traktora ili prikolice	Prevrtanje	Graženje točkovima traktora	Gnječeње	Udar u tvrdu prepreku	
<b>Ukupno poginuli</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>34</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>44</b>
<b>Prosek</b>	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>	<b>3,4</b>	<b>0,5</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>4,4</b>
<b>%</b>	<b>2,27</b>	<b>4,55</b>	<b>77,27</b>	<b>11,36</b>	<b>2,27</b>	<b>2,27</b>	<b>100</b>

Upoređujući rezultate istraživanja (Tab. 6 i 7) može se konstatovati, da pri radu sa traktorom u poljoprivrednim uslovima, najčešći uzrok nesreća je nepažnja pri upravljanju traktorom. Rezultat nepažnje, najčešće je nesreća sa različitim tipovima prevrtanja traktora (Sl. 1.). Poznato je da je prosečna starost traktora u Republici Makedoniji 26 godina [20], i da stariji traktori nemaju ugrađene kabine ili zaštitne ramove, a ni druge sigurnosne elektronske uređaje, koji kontrolišu položaj traktora na nagibu. U takvoj situaciji, teške povrede, pa i smrtnе posledice, povređivanje rukovaoca ili putnika na traktoru (koje se voze najčešće na braniku ili stoje na zadnjem delu traktora, bez mogućnosti zaštite) su neizbežne.



Sl. 1. Tragične posledice pri prevrtanju traktora

## ZAKLJUČAK

Prema rezultatima istraživanja tragičnih posledica u nesrećama sa traktorima u poljoprivredi Makedonije u periodu od 1999 do 2008. godine, može se konstatovati e:

1. U periodu istraživanja u nesrećama sa traktorima nastrandalo je ukupno 1430 osoba.
2. U nesrećama u kojima su učestvovali traktori tragično je nastrandalo 148 osoba, od kojih 104 u saobraćajnim nesrećama, i 44 u nesrećama pri radi sa traktorima u poljoprivrednim uslovima.
3. Tragične posledice u saobraćajnim nesrećama sa traktorima, najčešće su rezultat uzroka: neprilagođene brzine kretanja prema realnim uslovima na putu (29 osoba), konzumiranje alkohola (8 osoba) i tehnička neispravnost vozila (9 osoba). Zbog nepažnje pri radu sa traktorima u poljoprivrednim uslovima poginulo je 18 osoba.
4. Prema vrsti saobraćajnih nesreća, najčešće tragične posledice su rezultat: sudara vozila (549 nesreća), i prevrtanje (110 nesreća) i sletanje traktora sa puta (94 nesreće).

5. Pri radu sa traktorom u poljoprivrednim uslovima najčešća vrsta nesreće je prevrtanje traktora zbog koje je poginulo 34 osoba.

6. Imajući u vidu, da u poljoprivredi Republike Makedonije prosečna starost traktora iznosi preko 26 godina, većina su bez kabina ili zaštitnih ramova, nepoštovanje zakonskih propisa kao i slaba informisanost i obučenost rukovaoca traktora, neizbežno dovodi do većeg broja nesreća i tragičnih posledica u poljoprivredi.

## LITERATURA

- [1] American Society of Agricultural Engineers (1992a): Operating requirements for tractors and power take-off driven implements, ASAE standard: ASAE S207.11.
- [2] American Society of Agricultural Engineers (1992b): Safety for agricultural equipment, ASAE standard: ASAE S318.10.
- [3] American Society of Agricultural Engineers (1992c): Guarding for agricultural equipment, ASAE standard: ASAE S493.
- [4] Baker D., David E., et.al. (1990): Innovative Approaches to Collecting Agricultural Accident Data, 12<sup>th</sup> World Congress on Occupation Safety and Health, Hamburg.
- [5] Cogbill T.H., Busch H.M. Jr. (1985): The spectrum of agricultural trauma., Journal of Emerg. Med. 3 (3); pp.205-10.
- [6] Cyr L. Dawna, Johnson B.S.: Big Tractor Safety, Maine Farm Safety Program, University of Maine Cooperative Extension, Bulletin #2323.
- [7] Dolenšek M., Oljača V.M. (2002): Sprečavanje udesa i očuvanje zdravlja radnika u poljoprivred Republike Slovenije, Deseto jubilarno Savetovanje sa međunarodnim učešćem, Sistemska analiza šteta u privredi, osiguranje i preventivno inžinerstvo, str. 325-331, Dunav Preving, Beograd.
- [8] Dimitrovski Z., Tanevski D., Oljača M., Raičević D., Ružićić L. (2006): Preventivne mere u sprečavanju udesa sa traktorima u poljoprivredi Republike Makedoniji, X Naučno-stručni skup sa međunarodnim učešćem, Aktualni problemi mehanizacije poljoprivrede, Časopis, Poljoprivredna tehnika, Poljoprivredni fakultet, №2, Beograd, str.17-29.
- [9] Dimitrovski Z., Tanevski D., Oljača M., Raičević D., Ružićić L. (2006): Tragične posledice i teške telesne povrede kod dece u nesrećama sa traktorima u Republici Makedoniji, X Naučno-stručni skup sa međunarodnim učešćem, Aktualni problemi mehanizacije poljoprivrede, Časopis, Poljoprivredna tehnika, Poljoprivredni fakultet, №2, Beograd, str. 31-39.
- [10] Dimitrovski Zoran, Oljača V. Mićo, Tanevski Dragi, Ruzicic Lazar (2003): Nesretni događaju u radu poljoprivrednih mašina – upoređenje Makedonija – Republika Srbija, Zbornik radova – Dan Poljoprivrednog fakulteta, str. 100-107, Poljoprivredni fakultet, Skoplje, R. Makedonija.
- [11] Križnar M., Tešić M., Časnji F. (1985): Prethodne mere zaštite na radu na oruđima za rad i uredajima u poljoprivredi, Radni materijal Pravilnika, VDPT, Novi Sad – Trogir.
- [12] New Y.C. for Agricultural Medicine and Health, (1998): Tractors, the Number One Cause of Fatalities on the Farm, Training curriculum, New York.
- [13] 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, №2, pp.191-196, Novi Sad.
- [14] Nikolić R., et.al. (1996): Poljoprivredni traktori – stanje i potrebe, Časopis Traktori i pogonske mašine, Vol.1, №1, str.5-15, Novi Sad.
- [15] National Institute for Occupational Safety and Health (1993): National traumatic occupational fatalities surveillance system., Morgantown, WV: U.S. Department of Health and Human Services.
- [16] Oljača V.M., Raičević D. (2000): Nesreće u radu sa meliorativnim mašinama i njihovi uzroci, Preventivno inžinerstvo i osiguranje motornih vozila, transportnih sredstava, sistema i opreme - Savetovanje sa medjunarodnim učešćem, str. 251-255, Dunav – Preving, Beograd.

- [17] Oljača V.M., Ružić L., Tanevski D., Dimitrovski Z. (2004): Nesrečni događaji u radu poljoprivrednih mašina. Godišnji zbornik radova. Fakultet poljoprivrednih nauka i hrane, Skopje.
- [18] Oljača V.M., Đokic M., Ružić L., Radoja L., Bandić J. (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, CA, USA,
- [19] Radoja L., Oljača M., Ružić L., Bandić J. (2000): Nesrečni slučajevi u toku rada poljoprivrednih mašina i njihovi uzroci. Preventivno inžinerstvo i osiguranje motornih vozila, radnih mašina, transportnih sredstava, sistema i opreme. Savetovanje sa međunarodnim učešćem, str. 255-259, Beograd
- [20] Izveštaji Sektora za analitiku, MUP-a, R. Makedonije.
- [21] Arhive Kliničkog centra i Zdravstvenih ustanova Republike Makedonije za 1999–2008.
- [22] Državni zavod statistike, Izveštaj, Skoplje, 1999–2008.
- [23] WA FACE Program-SARP 2001, Tractor overturn kills 16 year old tractor worker in Washington State, report No. 52-6
- [24] Purschwitz S., Mark A. (1990): Fatal Farm Injuries to Childrens, Wisconsin Rural Health Research Center, Marshfield, WI.
- [25] [www.hsc.usf.edu/publichealth/eoh/agcenter](http://www.hsc.usf.edu/publichealth/eoh/agcenter)
- [26] [www.cdc.gov/niosh/injury/traumaagric](http://www.cdc.gov/niosh/injury/traumaagric).
- [27] [www.agriculture.prevention.issa.int/activities.htm](http://www.agriculture.prevention.issa.int/activities.htm)
- [28] [www.hsa.ie/pub/publications/farmshbk.pdf](http://www.hsa.ie/pub/publications/farmshbk.pdf)
- [29] [www.tamu-commerce.edu/agscience/tractorsafety.htm](http://www.tamu-commerce.edu/agscience/tractorsafety.htm)
- [30] [www.meds.queensu.ca/%7Eemresrch/caisp/links.html](http://www.meds.queensu.ca/%7Eemresrch/caisp/links.html)
- [31] [www.agry.purdue.edu/arc/arcdesc.htm](http://www.agry.purdue.edu/arc/arcdesc.htm)
- [32] [www.nstmop.psu.edu.htm](http://www.nstmop.psu.edu.htm)
- [33] [www.safetyleit.org/links/links.htm](http://www.safetyleit.org/links/links.htm)
- [34] [www.elsevier.com/wps/find/S06\\_349.cws\\_home/main](http://www.elsevier.com/wps/find/S06_349.cws_home/main)

## **FATAL COSEQUENCES IN ACCIDENTS WITH TRACTORS IN THE AGRICULTURE OF R. MACEDONIA FROM 1999 – 2008.**

**Zoran Dimitrovski<sup>2</sup>, Mićo V Oljača<sup>3</sup>, Kosta Gligorević<sup>2</sup>, Lazar N. Ružić<sup>3</sup>**

*<sup>1</sup>Faculty of Agriculture, Goce Delčev University - Štip, Republic of Macedonia  
e-mail: zoran.dimitrovski@ugd.edu.mk*

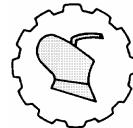
*<sup>2</sup>Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Engineering, Belgrade, Serbia  
e-mail omico@agrif.bg.ac.rs*

*<sup>3</sup>Faculty of Biofarming, Megatrend University, Belgrade, Serbia, email: laru@sbb.rs*

**Abstract:** This paper presents the results of the researched fatal consequences of accidents with tractors in the agriculture of the Republic of Macedonia. Herewith we investiagate the causes of accidents that led to fatal injuries by farmers in agricultural production. According to the research carried out in the period from 1999 to 2008 in accidents with tractors, 148 persons were killed. The most common cause of accidents is speeding the movement and real road conditions, and often tragic consequences as a result of a mutual crash of vehicles and tractor's rollover.

**Key words:** tractor, accidents, crash, rollover, tragic consequences.





UDK: 656.137

## KONSTRUKCISKE KARAKTERISTIKE ROTACIONOG MOTORA UNUTRAŠNJEG SAGORJEVANJA PROMJENJLJIVE RADNE POVRŠINE – PRP (KKROMUS)

Milan Đudurović\*, Biljana Vranješ\*\*

\*Savet inovatora RS Banja Luka, djudurov@teol.net

\*\*)Mašinski fakultet, Banja Luka

**Sadržaj:** Od vremena pronalaska oto i dizel motora prisutna je tendencija njihovog usavršavanja jer im je konstrukcija preuzeta sa parne mašine Džemsa Wata i Džordža Stivensona. Ta konstrukcija je složena, radi velikog broja sastavnih dijelova, pa ima velike mehaničke gubitke i dinamičku neuravnoteženost, a radi složenosti konstrukcije ograničene su joj i mogućnosti broja obrtaja. Kako snaga motora ( $P_e$ ) SUS zavisi od broja obrtaja, zapremine i srednjeg efektivnog pritiska, prisutna je tendencija da se veća snaga dobije prostijom konstrukcijom i većim brojem obrtaja. Prvi, ali i uspješan, pokušaj rešavanja tog pitanja pošlo je za rukom Felix-u Wankelu sa njegovim patentom rotacionog motora (1954) koji se i danas, sa dosta uspijeha, ugrađuje u vozila Mazda RX4, RX6, ... i RX9 koji je 4. aprila 2006. god. izložen na salonu automobila u Njujorku. RMUS PRP - KKROMUS je nova ali i viša faza razvoja konstrukcije rotacionog motora po autorima nazvana *kontinuirano-kompleksni rotacioni motor unutrašnjeg sagorjevanja promjenljive radne površine*.

**Ključne riječi:** rotacioni motor, kkromus, motori sa unutrašnjim sagorijevanjem (SUS).

### 1. UVOD

Od vremena pronalaska oto i dizel motora prisutna je tendencija njihovog usavršavanja, što nije jednostavan ni lak zadatak, jer im konstrukcija mnogo potpisuje na parnu mašine Džemsa Wata i Džordža Stivensona. Ta konstrukcija je složena i ima velike mase pa radi toga i relativno velike mehaničke gubitke od 10-15% $P_e$ . Radi njene složenosti zahtijeva veliko dinamičko uravnoteženje pa su joj ograničene mogućnosti broja obrtaja. Kako snaga motora ( $P_e$ ) SUS zavisi od broja obrtaja, zapremine i srednjeg efektivnog (indikatorskog) pritiska, prisutna je tendencija da se veća snaga dobije prostijom konstrukcijom i većim brojem obrtaja. Prvi, ali i uspješan, pokušaj rešavanja tog pitanja pošlo je za rukom Felix-u Wankelu sa njegovim patentom rotacionog motora koji se i danas, sa dosta uspijeha, ugrađuje u vozila Mazda RX4, RX6, RX7, RX8 i

najnoviji RX9. Drugi proizvođači, BMW, Mercedes, Audi, General motors i sl. napustili su razvoj motora i automobila sa Vankelovim motorom.

Sa inženjerske tačke gledišta postoji opravdana potreba usavršavanja svake konstrukcije i svakog proizvoda pa i motora sa unutrašnjim sagorjevanjem. Međutim, u dosadašnji razvoj konstrukcije i opreme motora uložena su, postepeno, ogromna tehnička i materijalna sredstva, a posebno kada su u pitanju putnički automobili pa je teško i zamisliti promjenu postojećeg stanja. Mazda, proizvodnjom i primjenom rotacionog motora u svojim vozilima potvrđuje da je to moguće.

Osnovni razlog razmišljanja u tom pravcu nameće se kao potreba da se dobije prostija konstrukcija, ušteda vremena u proizvodnji, u vremenu održavanja, obimu investicija i kapaciteta i uštede u eksploataciji.

Mada klasični motori pokazuju dobra eksplataciona svojstva Mazdin primjer potvrđuje da se konstrukcija motora SUS može dobiti i na drugi način.

**ROTACIONI MOTOR PRP - KKROMUS** je nova ali i viša faza razvoja konstrukcije rotacionog motora po autoru nazvana *kontinuirano-kompleksni rotacioni motor unutrašnjeg sagorjevanja promjenjljive radne površine* koji je prvi put prikazan 2006. godine u Moskvi, virtualnom animacijom, kao **MONO** izvedba, a zatim na sajmovima inovacija u Ženevi, Parizu i Beogradu (izlagan je i u Tajpehu, Budimpešti, Nürnbergu i Seulu). **Modelom DUPLEX tip MILAN 2003 i 2004** nastavljen je razvoj ideje i konstrukcije sa namjerom da napravi još bolji motor koji ima manje termodinamičko opterećenje, bolje performanse i veće vrijenosti koeficijenta korisnog dejstva. Princip rada i faze procesa usisavanja, sabijanja, ekspanzije i izduvavanja istovjetni su kao i kod modela **MONO** s tom razlikom što se navedeni procesi u **DUPLEX** varijanti-izvedbi odvijaju u dvije komore, tj. usisavanje i djelomično sabijanje započinje u prvoj a zatim nastavlja u drugoj dodatnim sabijanjem, sagorjevanjem i izduvavanjem čime se postiže manje termodinamičko opterećenje i dobijaju bolje performanse. **Modelom TRIPLEX tip MILAN 2003 i 2004** ove godine (2007.) ponovljen je uspjeh iz Moskve, Ženeve i Pariza.

Prema Međunarodnoj klasifikaciji patenata (MKP, Intel.<sup>7</sup>) oblast tehnike na koju se pronalazak odnosi je mašinstvo a spada u grupu motora sa unutrašnjim sagorjevanjem (SUS). Razvrstan je i označen klasifikacionim simoloma **F 02B 53/00** koji se odnosi na motore sa rotacionim i oscilatornim klipovima, kao i standardima i sekundarnim simbolima **F 03B 23/00**, sa kojim se definišu ostali motori sa komorama sagorjevanja specijalnog oblika ili konstrukcije radi poboljšanja radnog procesa **F 02B 75/08** koji obuhvata motore sa dva ili više klipova koji se kreću u istom cilindru. Njegova primjena mogla bi naći mjesto u oblasti, automobilske industrije i saobraćaja, poljoprivredi, građevinarstvu, avijaciji i hidronautici ali i u drugim oblastima i tehnikama gdje je potreban nezavisani izvor snage, odnosno momenta i broja obrtaja.

## 2. TEHNIČKI PROBLEM

Klasični motori sa unutrašnjim sagorjevanjem (Otto i Diesel) topotnu energiju goriva pretvaraju u mehanički rad od pravolinijskog kretanje klipa motora i klipnjače do kružnog kretanje koljenastog vratila. Taj proces se, radi složenosti navedene konstrukcije i većeg broja pokretnih dijelova, koji u toku procesa učestvuju u radu, odvija uz znatne mehaničke gubitke.

Rotacioni motori SUS su poznato tehničko rješenje. Jedno od prvih i uspješnih patentirao je Feliks Vankel (1954 godine) koje se i danas primjenjuje na nekim vozilima. Rotacioni motori sa unutrašnjim sagorjevanjem (RMUS), u odnosu na klipne, imaju znatno jednostavniju konstrukciju, manje pokretnih dijelova, radi čega i manje mehaničke gubitke energije, tj. veći stepen korisnog dejstva jer se rad sa čela klipa direktno prenosi na izlazno vratilo motora. Imaju i veći broj obrtaja, jer se radni proces brže i kontinuirano odvija, radi čega je kod njih moguće dobiti i veću snagu po jedinici zapremine jer ona s jedne strane zavisi od broja obrtaja a sa druge od zapremine i taktnosti motora.

Klasični rotacioni motor unutrašnjeg sagorjevanja, koji radi po metodu Vankela, u cilindru (kućištu) izrađenom u obliku trohoide ima problem sa zaptivanjem radnog prostora, naročito na prelasku rotacionog klipa iz prvog u drugi dio komore ali i na čeonim djelovima rotora. Problemi zaptivanja radnog prostora su u opštem smislu značajno izraženi ali ne zaostaju ni problemi sa hlađenjem motora.

Ovo saznanje pretstavljalo je potsticaj za pronalazeњe novog konstrukcijskog rješenja s kojim bi bili otklonjeni navedeni nedostaci. Mehanički gledano konstrukcija klasičnih rotacionih motora je dobro rješena jer omogućava veliki broj obrtaja uz znatno manju dinamičku neuravnoteženost, ali ima dosta nedostataka koji se mogu otkloniti.

Tehnički problem koji nastojimo rešiti predmetnim pronalaskom sastoji se u sljedećem: kako konstruisati motor sa unutrašnjim sagorjevanjem koji umjesto klipova i klipnjača ima rotacioni klip, koji može da koristi sve vrste benzina i dizel goriva a ima velike vrijednosti efektivne i specifične snage, manje mehaničke i energetske gubitke i veću dinamičku uravnoteženost. Kod rotacionih motora taj mehanizam je mnogo jednostavniji jer nema klipnjače a rotacija klipa ima kružno kretanje kao i izlazno vratilo motora što mehanizam transformacije hemijske (potencijalne) energije goriva, odnosno sagorjelih gasova, u mehanički rad čini jednostavnijim. Radi manjeg broja pokretnih dijelova, ove konstrukcije, proces se odvija uz manje mehaničke gubitke, tj. veći stepen korisnog dejstva i veći broj obrtaja što ovu konstrukciju čini privlačnom za primjenu radi čega samo je i uzeli i odabrali za usavršavanje.

Detaljnim pregledom patentne dokumentacije iz oblasti koja se odnosi na rotacione motore nije pronađeno ni jedno rješenje relevantno predmetnoj prijavi pronalaska.

### 3. IZLAGANJE SUŠTINE PRONALASKA

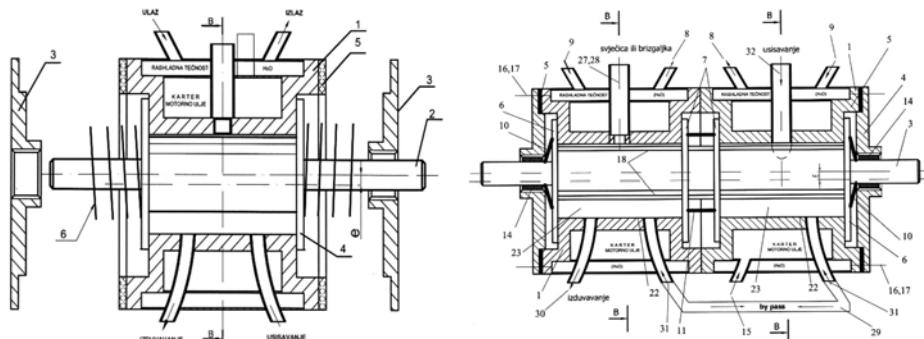
Kontinuiranokompleksnim rotacionim motorom unutrašnjeg sagorjevanja rješen je napred definisani tehnički problem. Suština pronalaska ogleda se u tome što predmetni rotacioni motor sa unutrašnjim sagorjevanjem može da koristi sve vrste goriva namjenjenih motorima sa unutrašnjim sagorjevanjem uz zadržavanje maksimalnih vrijednosti koeficijenata korisnog dejstva i poznatih prednosti rotacionih motora u odnosu na klasične.

U ovom pronalasku, odnosno patentu zadržan je, prema ideji autora, osnovni koncept rotacionog klipa, ali je geometrijski oblik cilindara klipa krug. U njemu rotira klip valjkastog oblika sa lamelama koje su postavljene tangentno na osu vratila. One zaptivaju radni prostor, usisavaju radnu materiju i vrše sabijanje i izduvavanje. Lamele pod dejstvom centrifugalne sile, sile trenja i sile lisnatih opruga, smještene u žljebove rotora, međusobno pomjerenih za  $120^{\circ}$ , odnosno za  $90^{\circ}$ , izlaze iz žljebova i klize po obimu (izvodnicama) cilindra kojem je poprečni presjek pravilan geometrijski krug.

Propuštanje radne materije je manje u svim fazama procesa rada pa se on odvija uz znatno manje energetske i mehaničke gubitke. Bočno (čeno) zaptivanje rješeno je na specifičan i originalan način pomoću diskova koji zaptivaju cilindrične šupljine formirajući radne komore i omogućavajući da se u cilindru stvara kompresija, odnosno da se ostvare sva četiri radna procesa (usisavanje, sabijanje, ekspanzija i izduvavanje radne materije). Rotirajući klip u odnosu na cilindar postavljen je ekscentrično. Motor radi kao klasičan oto ili dizel motor sa izlaznim vrijednostima efektivne snage i obrtnog momenta u funkcionalnoj zavisnosti od broja obrtaja.

*Iako je u pronalasku zadržan osnovni koncept rotacionog motora, ono što ga čini bitno drugačijim u odnosu na slična rješenja je cilindar kružnog presjeka u koje je smješten rotacioni klip pravilnog valjkastog oblika ali ekscentrično postavljen u odnosu na osu cilindra. Ovo rješenje, ekscentrično postavljenog rotacionog klipa i upotrebe višeslojnih lamela, koje u procesu rada klize po izvodnicama cilindra, ima za posljedicu manje gubitke radne materije. Gubici raspoložive energije goriva se smanjuju radi bolje zaptivenosti u svim fazama rada motora. Predmetni pronalazak, u odnosu na dosad poznata tehnička rješenja, ima više prednosti.*

U cilju lakšeg razumjevanja pronalaska kao i zbog prikazivanja kako se on može realizovati u praksi autor se, samo primjera radi, poziva na priložene crteže koji se odnose na pronalazak gdje je: na slici 1. prikazan je uzdužni presjek sa položajem rotacionog klipa a na slici 2. fotografija modela motora (blok) sa cilindrom i rotirajućim klipom, u središnjem dijelu, i mjestima za poklopce koji ga zatvaraju sa čeonih strana. U gornjem dijelu prikazani su kanali-cijevi za rashladnu tečnost i cijev za sisanje ulja u karter. Na donjem dijelu, simetrično u odnosu na vertikalnu osu, prikazani su usisni i izduvni kanal-cijevi.



Sl. 1. Poprečni presjek motora KKROMUS mono i duplex



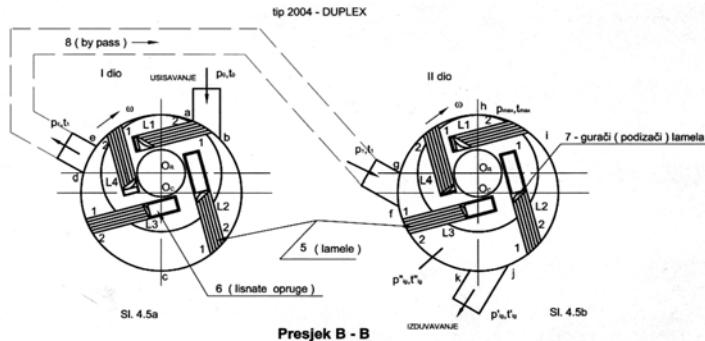
Sl. 2. Spoljašnji izgled motora KKROMUS mono i duplex

**Varijanta motora sa tri lamele (komore)** odabrana je kao **povoljnija za oto proces**. Razlika površina lamela,  $\Delta = A_1 - A_2$ , radi različitog položaja u cilindru, i pritisaka sagorjelih gasova u komorama, na različite površine i osna rastojanja, što zavisi od ugla zakretanja ( $\phi$ ) vratila rotora, stvara obrtni moment na lamelama, odnosno vratilu, koji prelazi u mehanički rad. Proces rada motora odvija se istovremeno i kontinuirano u svakom od tri međusobno odvojena radna prostora (komore), tj. u svakom trenutku rada motora u jednoj od komora vrši se usisavanje u drugoj počinje sabijanje u trećoj je započelo paljenje, sagorjevanje i izduvavanje a sve zavisi od položaja lamele u odnosu na nultu tačku, odnosno od tačke kada smo počeli posmatrati rotaciju klipa i tačke  $\phi = 360^\circ$ . Jedan krug ( $2\pi$ ).

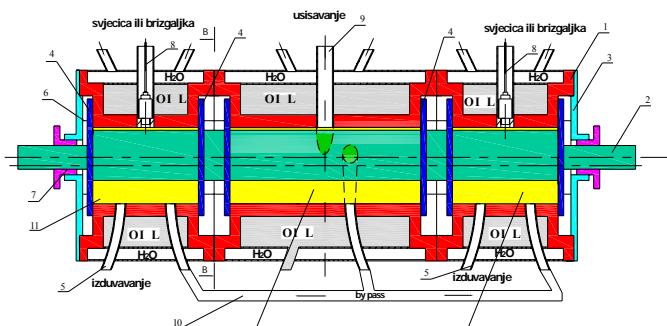
Izduvavanje sagorjelih gasova nastupa kad L1, ivicom 2, sl. 3, pređe preko tačke "c" (SMT) na izduvnoj cijevi, a završava kad L2 ivicom 1 pređe preko tačke "k". Zbog razlika u površinama lamela (između prethodne i naredne), odnosno komore, i pritisaka u njima, realizuje se sila gasova ( $\int_0^{\pi} F_{gs} dF = \int_0^{\pi} p_{sr} dp \int_0^{\pi} A_{sr} dA$ ) na odgovarajućem rastojanju od centra rotacije klipa sa definisanim vrijednostima obrtnog momenta, odnosno snage. Cilindar je namjerno izrađen sa nešto većom dužinom da bi radni prostor mogao biti podjeljen u dva dijela i da bi se proces usisavanja i izduvavanja mogao nesmetano odvijati, tj. da ne bi dolazilo (da bi što manje dolazilo) do mješanja djelomično komprimiranog vazduha sa parametrima  $p_1$  i  $t_1$ , koji prelivnim kanalom u tački "f", sl. 3. iz prvog dijela cilindra ulazi u drugi, i izduvnih (sagorjelih) gasova. Ova pojava se ne može u potpunosti otkloniti ali se može smanjiti. U ovom slučaju proces usisavanja, i djelomičnog sabijanja, prvo je obavljen u prvom dijelu cilindra motora, a zatim nastavlja u drugom. U drugom dijelu sabijanje se završava, u kompresionom prostoru, pali radna materija i vrši ekspanziju i izduvavanje. Ovom konstrukcijom smanjeni su gubici radne materije i termodinamičko opterećenje cilindra motora. Ovako koncipiranu konstrukciju rotacionog motora nazvao sam **KKROMUS tip MILAN 2003 duplex**.

**Varijanta motora sa četiri lamele** (komore) odabrana je kao **povoljnija za dizel proces** jer se sa njom postižu veći pritisci i temperature u kompresionom prostoru što je povoljnije (neophodno) za dizel proces. Razlika površina lamela, radi različitog položaja u cilindru, i pritisaka sagorjelih gasova u komorama na različite površine lamela,  $\Delta = A_1 - A_2$ , što zavisi od ugla zakretanja ( $\phi$ ) vratila rotora, stvara obrtni moment na lamelama koji prelazi u mehanički rad.

Proces rada motora odvija se istovremeno i kontinuirano u svakom od četiri međusobno odvojena radna prostora (komore), tj. u svakom trenutku rada motora u jednoj od komora vrši se usisavanje u drugoj počinje sabijanje u trećoj je započeo proces sagorjevanja, u četvrtoj izduvavanja a sve zavisi od položaja lamela u odnosu na nultu tačku, odnosno od tačke kada smo počeli posmatrati rotaciju klipa i tačke  $\phi = 360^\circ$  kada je on zatvorio jedan krug ( $2\pi$ ). Izduvavanje sagorjelih gasova nastupa kad L1 ivicom 2, sl. 3, pređe preko tačke "j" na izduvnoj cijevi, a završava kad L2 ivicom 1 pređe preko tačke "k". Zbog razlika u površinama lamela (između prethodne i naredne), odnosno komore, i pritisaka u njima, realizuje se sila gasova ( $\int_0^{\pi} F_{gs} dF = \int_0^{\pi} p_{sr} dp \int_0^{\pi} A_{sr} dA$ ) na odgovarajućem rastojanju od centra rotacije klipa sa definisanim vrijednostima obrtnog momenta, odnosno snage. Cilindar je namjerno izrađen sa nešto većom dužinom da bi radni prostor mogao biti podjeljen u dva dijela i da bi se proces usisavanja i izduvavanja mogao nesmetano odvijati, tj. da ne bi dolazilo (da bi što manje dolazilo) do mješanja djelomično komprimiranog vazduha sa parametrima  $p_1$  i  $t_1$ , koji prelivnim kanalom u tački "f", sl.3, iz prvog dijela cilindra ulazi u drugi, i izduvnih (sagorjelih) gasova.



Sl. 3. Rotirajući klip motora KKROMUS PRP tip MILAN 2004 dupleks



Sl. 4. Poprečni presjek motora KKROMUS triplex

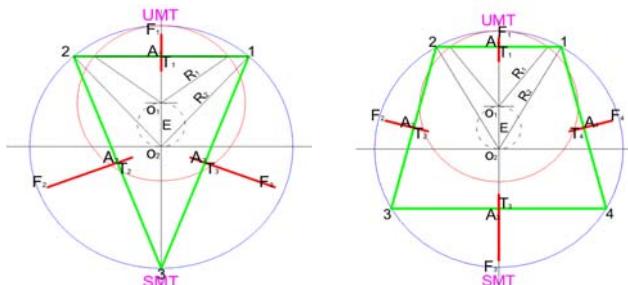
Ova pojava se ne može u potpunosti otkloniti ali se može smanjiti. i u ovom slučaju proces usisavanja, i djelomičnog sabijanja, prvo je obavljen u prvom dijelu cilindra motora, a zatim nastavlja u drugom. U drugom dijelu sabijanje se završava, u kompresionom prostoru, pali ubrizgano gorivo i vrši ekspanzija i izduvavanje. Ovom konstrukcijom smanjeni su gubici radne materije i termodinamičko opterećenje cilindra motora. Ovako koncipiranu konstrukciju rotacionog motora nazvao sam **KKROMUS PRP tip MILAN 2004 duplex**.

Ovom varjantom razvoj konstrukcije se ne završava. Autor nastoji da razvije još jedan tip koji bi imao naziv **triplex** a koji bi bio u funkciji još većeg termodinamičkog rasterećenja. On je prikazan na slici 6. U ovom slučaju proces usisavanja, i djelomičnog sabijanja, prvo bi bio obavljen u srednjem cilindru motora, a zatim nastavlja u bočnim. U njima se sabijanje završava, u kompresionom prostoru, pali radna materija i vrši ekspanzija i izduvavanje. Ovom konstrukcijom još više bi bili smanjeni gubici radne materije, poboljšan sastav izduvnih gasova, manji sadržaj CO, i termodinamičko opterećenje motora. Ovako koncipirana konstrukcija rotacionog motora naznačena je **KKROMUS PRP tip MILAN 2003, odnosno 2004 triplex**.

#### 4. OSNOVNI ELEMENTI KINEMATIKE

Osnovni elementi kinematskog sistema-transmisije rotacionog motora KKROMUS su bitno različiti i mnogo jednostavniji od kinematskog sistema Vankelovog rotacionog motora, koji u klipu, odnosno cilindru motora, izrađenog kao trohoida (epitrohoida) ima

planetarni par zupčanika, koji pretstavlja ekscentar i kružno kretanje (obrtanje) klipa prenosi na izlazno vratilo motora, što, sa tehničke tačke gledišta, nije dobro rješanje. KKROMUS ima klasični ekscentar i višeslojne lamele koje obavljaju isti zadatak kao i klip Vankelovog motora što je mnogo jednostavnije pa ga to čini privlačnim za izradu, eksploataciju, održavanje i primjenu. Također konstrukcijom obezbijeđeno je i bolje hlađenje a to je, pored planetarnog para zupčanika, koji radi u termički veoma nepovoljnim uslovima, teško obezbjediti kvalitetno podmazivanje, jedan od osnovnih nedostataka Vankelovog motora.



Sl. 5. Kinematske šeme rotora sa tri, odnosno četiri lamele.

Polazeći od osnovnih geometrijskih parametara rotacionog motora KKROMUS, prečnika rotacionog klipa, prečnika cilindra i ekscentriteta, sl. 5, nije teško doći do njegove (ukupne) radne zapremine, čeone površine (radne) i drugih parametara a uz nekoliko pretpostavki, npr. srednjeg efektivnog pritiska i broja obrtaja, i do snage. Tabela 1. /1,2,3,4,5, .../. Međutim, ono što je kod njega najinteresantnije je to da se radna površina, tj. površina na koju djeluje sila gasova, mijenja, u suštini povećava, kad pritisak gasova opada, u odnosu na prvobitnu, tj. u odnosu na onu pri kojoj je proces sagorjevanja počeo-spoljna mrtva tačka, odnosno u procesu rada motora, u zavisnosti od položaja klipa tj. u odnosu na nultu tačku - referentni položaj. Do promjene radne površine dolazi zbog odabrane konstrukcije, odnosno kinematike prenosa obrtnog kretanja klipa na izlazno vratilo motora. To ga čini jedinstvenim u konstrukcijama motora SUS.

Pod dejstvom sile sagorjelih gasova, sile lisnatih opruga, smještenih u žljebove, centrifugalne sile i sile trenja u procesu rada lamele izlaze iz žljebova i klize po zidovima cilindra-kruga. Sila sagorjelih gasova sa napadnom tačkom u središtu radne površine, koja prolazi i kroz središnju osu cilindra, pravi obrtni moment sa krakom  $E\sin\theta$ .

## 5. PRIMJENA PRONALASKA

Primjena pronalaska-proizvoda već je široko rasprostranjena, a naročito kod motornih vozila (putničkih automobila, kamiona i autobusa i sl.). Posebno se naglašava da je predmetni motor moguće uspješno primjeniti za pokretanje malih aviona, helikoptera i motornih čamaca, tj. hidronautici. Nema bitnih razlika u primjeni pronalaska u odnosu na klasične motore SUS.

Suština primjene KKROMUS-a biće u prilagodavanju nove konstrukcije motora postojećim konstrukcijama motornih vozila. Jedino broj obrtaja motora može uticati na izmjenu konstrukcije transmisije vozila. Jedna od osnovnih njegovih odlika biće veći

broj obrtaja i snaga po jedinici zapremine što ga činiti privlačnim za primjenu i eksploraciju. Industrijska izrada predmetnog pronaleta moguća je u specijalizovanim fabrikama za proizvodnju motora sa unutrašnjim sagorjevanjem uz napomenu da je proizvodnja ovakvih motora jednostavnija a troškovi proizvodnje i održavanja smanjeni. Šira primjena motora, prema ovom tehničkom rješenju, mogla bi da dovede do bržeg razvoja automobilske industrije u cijelini, povećanja kvaliteta motora i produženja vijeka trajanja motornih vozila I mobilne mehanizacije.

Proizvodnja motora biće mnogo jednostavnija, kao i konstrukcija u cijelini. Radi većeg broja obrtaja imaće veći broj kW po jedinici zapremine i težine i zahtijevaće manji prostor za smještaj u karoseriju vozila. Cijena proizvodnje biće niža, troškovi održavanja manji, primjena češća, što može dovesti do bržeg razvoja pojedinih industrijskih grana i automobilske industrije, tj. veće proizvodnje kvalitetnih motornih vozila sa nižom nabavnom cijenom. Radioničku i projektnu dokumentaciju za realizaciju pronaleta mogu da urade stručnjaci iz predmetne oblasti koristeći opis i nacrte iz predmetne prijave Patenta.

Tabela 1.

R1=10 R2=12,5 B=10 cm p=2,5

									r1=0,02m			
			za $\phi$	(d+R1) $\wedge^2$ za		$\phi+120$	Pk, 3k		Fgsr=Pk *pgsr,N	Pe	3Pe	
$\phi$	$\pi$	d	(d+R1) $\wedge^2$	$\phi+120$	SQRT (D+E)/2	(R1+d) sin (A5)	(d+R1) sin $\phi$	B(G+H) sin $\phi$	I5*C56	Me, Nm	kW	kW
0	0,00	5,0	225,0	122,3	18,6	194,9	106,0	300,8	4512,0	90,2	15,3	46,0
15	0,26	4,9	222,0	112,5	18,3	192,2	97,4	289,6	4344,5	86,9	14,8	44,3
30	0,52	4,6	213,2	105,5	17,9	184,7	91,4	276,0	4140,6	82,8	14,1	42,2
45	0,79	4,1	200,0	101,4	17,4	173,2	87,8	261,0	3914,8	78,3	13,3	39,9
60	1,05	3,6	183,9	100,0	16,8	159,3	86,6	245,9	3687,9	73,8	12,5	37,6
75	1,31	2,9	166,7	101,4	16,4	144,4	87,8	232,2	3482,4	69,6	11,8	35,5
90	1,57	2,2	150,0	105,5	16,0	129,9	91,4	221,3	3319,2	66,4	11,3	33,9
105	1,83	1,7	136,0	112,5	15,8	117,7	97,4	215,2	3227,4	64,5	11,0	32,9
120	2,09	1,1	122,3	122,3	15,6	106,0	106,0	211,9	3178,6	63,6	10,8	32,4
135	2,36	0,6	112,5	136,0	15,8	97,4	117,7	215,2	3227,4	64,5	11,0	32,9
150	2,62	0,3	105,5	150,0	16,0	91,4	129,9	221,3	3319,2	66,4	11,3	33,9
165	2,88	0,1	101,4	166,7	16,4	87,8	144,4	232,2	3482,4	69,6	11,8	35,5
180	3,14	0,0	100,0	183,9	16,8	86,6	159,3	245,9	3687,9	73,8	12,5	37,6
165	2,88	0,1	101,4	200,0	17,4	87,8	173,2	261,0	3914,8	78,3	13,3	39,9
150	2,62	0,3	105,5	213,2	17,9	91,4	184,7	276,0	4140,6	82,8	14,1	42,2
135	2,36	0,6	112,5	222,0	18,3	97,4	192,2	289,6	4344,5	86,9	14,8	44,3
120	2,09	1,1	122,3	225,0	18,6	106,0	194,9	300,8	4512,0	90,2	15,3	46,0
105	1,83	1,7	136,0	225,0	19,0	117,7	194,9	312,6	4688,8	93,8	15,9	47,8
90	1,57	2,2	150,0	222,0	19,3	129,9	192,2	322,1	4831,7	96,6	16,4	49,3
75	1,31	2,9	166,7	213,2	19,5	144,4	184,7	329,0	4935,4	98,7	16,8	50,3
60	1,05	3,6	183,9	200,0	19,6	159,3	173,2	332,5	4986,9	99,7	17,0	50,9
45	0,79	4,1	200,0	183,9	19,6	173,2	159,3	332,5	4986,9	99,7	17,0	50,9
30	0,52	4,6	213,2	166,7	19,5	184,7	144,4	329,0	4935,4	98,7	16,8	50,3
15	0,26	4,9	222,0	150,0	19,3	192,2	129,9	322,1	4831,7	96,6	16,4	49,3
0	0,00	5,0	225,0	136,0	19,0	194,9	117,7	312,6	4688,8	93,8	15,9	47,8
										86,10	14,6	43,9

Tabela 2. Karakteristike - vrednovanje rotacionog motora "PRP"

Red. broj	Opis osobina- karakteristika motora	TIP MOTORA				
		Klasični	Vankelov	MONO	DUPLEX	TRIPLEX
1.	Cilindri u kućištu motora	cilindar	epitrohida	cilindar	cilindar	cilindar
2.	Broj sastavnih dijelova	750-1.250	300-600	125-150	135-175	155-250
3.	Prenošenje sile gas. na izlazno vratilo	klip, klipnjača, koljenasto vrat.	plan. par zupčanika - ekscent. vratilo	direktno sa rotora	direktno sa rotora	direktno sa rotora
4.	Potrošnja goriva; g/kWh	235-265 diesel/otto	250-285 diesel/otto	240-270 diesel/otto	180-200 diesel/otto	150-180 diesel/otto
5.	Mehanički step. korisn.; $\eta_m$	0,88-0,90	0,90-0,92	0,92-0,94	0,91-0,93	0,90-0,92
6.	Termodinamički stepen korisnosti; $\eta_d$	0,38-0,480	0,40-0,460	0,45-0,48	0,5-0,6	0,6
7.	Termodinamičko opterećenje; MJ/kg,gor.	14-17	16-20	15-18	12-14	10-13
8.	Litarska snaga; kW/dm <sup>3</sup>	40-80	50-90	80-120	100-150	100-180
9.	Težina po jedinici snage; kg/kW	2,5 – 5,5	0,6-1,9	0,5-1,2	0,8-1,5	0,9-1,9
10.	Cijena po jed. proizv. u \$	5.000-6.500	3.500-5.500	2.500- 3.500	2.500- 4.500	3.500-5.000
11.	Troškovi održavanja po jedinici proizvoda u \$	750-1.450	550-1.250	250-750	450-950	550-1.150
12.	Hlađenje/Podmazivanje	rashladna tečnost/ ulje iz kartera	rashladna tečnost/ ulje iz kartera	rashladna tečnost / ulje iz kartera	rashladna tečnost/ ulje iz kartera	rashladna tečnost/ ulje iz kartera
13.	Max. broj obrtaja; min <sup>-1</sup>	6.000-9.000	5.000-10.000	8.000- 12.000	8.000- 10.000	8.000- 10.000
14.	Buka dB	35-45	35-40	30-40	30-40	30-40
15.	Ekologija ;CO% vol	0,5-0,3	1,5-0,5	1,5-0,5	0,15-0,2	0,01-0,15
		<b>Klasični</b>	<b>Vankelov</b>	<b>Rotacioni motor PRP</b>		

## 6. ZAKLJUČAK

**Rotacioni motor promjenljive radne površine** je Projekt rotacionog motor unutrašnjeg sagorjevanja nove generacije. Do sada poznati motori, klasični, oto i dizel, kao i Vankelov motor, imaju složenu i upitnu konstrukciju sa stanovišta izrade, održavanja, eksploatacije, potrošnje goriva, ekologije i sl. Konstrukcija klasičnih motora, oto i dizel, odnosno njihov klipni mehanizam, mnogo potjeća na konstrukciju parne maštine Džemsa Vata i Džordža Stivensona koja je u svoje vrijeme bila veliki izazov da ne kažemo hit.

Te nedostatak je primjetio i Vankel pa je napravio i patentirao rotacioni motor sa cilindrom koji odgovara profilu trohoide (težak za izradu što je i sam rekao) i rotacionim klipom koji je po izgledu približan trostranoj prizmi u koji je ugrađen planetarni par zupčanika koji ima zadatak da obrtno kretanje klipa prenosi na izlazno vratilo motora i pravi ekscentricitet neophodan za stvaranje obrtnog momenta na izlaznom vratilu motora.

Obe ove konstrukcije, klasična i Vankelova, i maju krupne nedostatke naročito kad je u pitanju težina konstrukcije, njena dinamička uravnoteženost i prilagođenost potrebama motornih vozila a kod Vankelovog motora i termodinamičko opterećenje (preopterećen).

Rotacioni motor KKROMUS PRP (promjenjljive radne površine) tip MILAN 2003 i 2004 (mono, dupleks i tripleks) nema tih nedostataka i u većoj mjeri ova konstrukcija ih otklanja. Jednostavna je za proizvodnju, eksploataciju i održavanje, ima veću specifičnu snagu po jedinici zapremine a manje je težine. Cilindar joj je krug, pravilan geometrijski oblik, a klip valjak u koji su urezana tri, odnosno četiri, žljeba u koje su smještene višeslojne lamele koje, na nov način, jednostavnije, obavljaju funkciju ekscentra i realizuju radnu površinu na koju djeluje sila gasova a ne kao kod Vankelovog motora planetarnim zupčanicima, koji su mehanički i termodinamički, u procesu rada motora, mnogo (jako) opterećeni radi čega njegov motor, u cijelini, ima kraći vijek trajanja, veće troškove održavanja, slabije iskorištenje potencijalne sile sagorjelih gasova, naročito radi nepravilnog oblika cilindra (trohoida) i sl. Očekivane vrijednosti, odnosno karakteristike prikazane su u Tabeli 2.

Autor-inovator ima namjeru da razvija, unapređuje i proizvodi rotacioni motor koji je konstruisao i podnio Patentnu prijavu za priznavanje patenta, Zavodu za patente u Sarajevu i Beogradu, za koji je dobio brojna međunarodna i domaća priznanja (više od 20).

Kad razgovaramo u motorima SUS najčešće, i najviše, ih vežemo za automobile (putničke) međutim, oni imaju daleko veći značaj i širu primjenu (korisniju) u drugim oblastima a jedna od njih je poljoprivreda. Gotovo da nema poljoprivredne mašine na koju nije ugrađen jedan od motora SUS. Slična situacija je i u rудarstvu, građevinarstvu i šumarstvu. Vazdušni i vodenii saobraćaj je posebna priča. Ugradnjom jeftinijih, lakših, ekonomičnijih i pouzdanijih motora u mobilna vozila i mehanizaciju bio bi ogroman doprinos u uštedi pogonske energije i procesu održavanja, jer je priroda posla u ovim djelatnostima sama po sebi neracionalna.

Inovator ima dugogodišnje iskustvo u proizvodnji, eksploataciji i održavanju motornih i priključnih vozila, doktor je tehničkih nauka i do nedavno redovni profesor Mašinskog i Tehnološkog fakulteta u Banjaluci (26 godina) i Saobraćajnog fakulteta u Doboju. Projekt će imati nesumljiv doprinos u potsticanju privrednog razvoja i zapošljavanju, odnosno treba da bude BREND privrede Republike Srpske i Srbije.

Ponuđeno rješenje rotacionog motora **KKROMUS PRP tip MILAN 2003 i 2004 mono, dupleks i tripleks** je prihvatljivo jer:

- je konstrukcija motora kompleksno rješena radi čega je mnogo jednostavnija za proizvodnju, eksploataciju i održavanje, a pouzdana u radu,
- kontinuirano usisava radnu materiju i istovremeno obavlja više faza radnog procesa i nije zavisan samo od jedne vrste goriva,
- rotirajući klip i izlazno vratilo motora imaju kružno kretanje,
- dinamička neuravnoteženost gotovo ne postoji,
- su gubici radne materije u cilindričnim profilima znatno manji,
- je maksimalno iskorištena brzina sagorjevanja, odnosno broj obrtaja i
- ima minimalnu težinu i cijenu proizvodnje po jedinici zapremine i snage.

Radi nesumljivih prednosti u odnosu na klasične motore SUS ponuđeno rešenje je prihvatljivo.

## LITERATURA

- [1] Tomić M.V., Petrović S.V., Motori sa unutrašnjim sagorjevanjem, Maš. fak., Beograd, 1994.
- [2] Milić R.Milorad, Rotacioni Vankelovi mot, Obod-Cetinje, Graf. Preduzeće "R. Timotoć", Bgd, 1976.
- [3] Stefanović A., Aković R., Motori sa unutrašnjim sagorjevanjem, Maš. fakultet, Niš, 1996.
- [4] Stone, R. Jeffrey K. Ball, Automotive Engineering Fundamentals, SAE International, Warrendale, Pa. USA, 2004.
- [5] Milošević, Ž., Špirić, Z.: Energetska efikasnost hidrodinamičkog prenosnika snage i dizel motora, Energetske tehnologije, God. 3, br. 4(2006), str. 24-26.
- [6] Lambić, M., Grbić, N.: Modelovanje tehničkog unapredjenja, Menadžment, inovacije, razvoj, God. 2, br. 3 (2007), str. 50-51.
- [7] Adamović, Ž., Milošević, Ž.: Efikasnost primjene računara pri projektovanju i konstruis. motora i motornih vozila, Menadžment, inovacije, razvoj, god. 2, br. 3 (2007), str. 58-60.
- [8] Mazda, Motor corporation, Hirošima, Japan, 2000, ..., 2005, 2006, 2007.

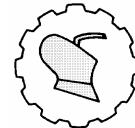
## CONTINUOUS-COMPLEX ROTARY INTERNAL COMBUSTION ENGINE PRP type MILAN 2003 and 2004 duplex

**Milan Đudurović, Biljana Vranješ**  
*djudurov@teol.net*

**Abstract:** This invention belongs to a group of internal combustion engines (SUS), and its use is the most widespread in the fields of automobile industry and traffic, agriculture, civil engineering, as well as in the other fields and techniques where an independent power source is necessary, that is the torque and a number of revolutions. Classical internal-combustion engines (otto and diesel) turn thermal energy of fuels into mechanical work, i.e. the motion of a piston in a straight line, with the help of the connecting rod, changes into circular motion of a crankshaft. Because of the complexity of the aforementioned construction and a greater number of movable parts, which participate in the operation, the process undergoes significant mechanical losses (10-15% of indicating engine power). Because of the certain advantages in regard to classical internal combustion engines, the offered solution is acceptable.

**Key words:** *Rotary engine, kkromus, combustion engines (SUS).*





UDK: 631.372:669-8

## SIMULIRANJE DINAMIČKIH Karakteristika traktora

Rajko Radonjić

Mašinski fakultet - Kragujevac  
rradonjic@kg.ac.rs

**Sadržaj:** Poljoprivredni traktori su projektovani za obavljanje različitih operacija i transportnih zadataka na neuređenim terenima promenljivih svojstava. Kvalitet i bezbednost rada zavise od karakteristika ponašanja traktora zatim iskustva i koncentracije ljudskog operatora. Traktor sa bočno elastičnim gumama, bez manuelne ili automatske kontrole je nestabilno vozilo. Tačnost sleđenja željenih putanja bitno zavisi od krutosti skretanja traktora. U ovom radu razvijen je jedan fizičko-matematički model za proučavanje istaknutih problema. Prikazani su i analizirani ilustrativni primeri simulacionih rezultata.

**Ključne reči:** traktor, upravljanje, stabilnost, model, simulacija.

### UVOD

U toku radnog veka poljoprivredni traktori se koriste za različite radne operacije i transportne zadatke na terenima različite konfiguracije, promenljivih svojstava tla zavisno od vremenskih uslova, pri različitim brzinama kretanja. Pri tome, vozač obavlja složene radne zadatke upravljanja traktorom, nadgledanja i kontrole operacija radnih mašina, priključnih oruđa ili vozila. Zavisno od konkretnog zadatka, traktor kao radno vozilo, vuče ili/i potiskuje radna oruđa, zbog čega vozač-operator, saglasno položaju i rasporedu priključaka, mora u pojedinim vremenskim intervalima obavljati odvojeno, sa prekidima, funkcije upravljanja traktorom i kontrole rada oruđa. Ova neusaglašenost funkcija dovodi do bržeg zamaranja vozača, povećanog rizika pojave udesa pri radu, većih gubitaka žitarica i drugih prinosa sa parcela, degradacije tla i slično.

Polazeći od činjenice da je upravljanje traktorom za vreme obavljanja radnih operacija najbitnija aktivnost u izvršenju kompletног zadatka nadgledanja i kontrole, nije teško objasniti razloge zašto se o ideji automatskog vođenja traktora počelo razmišljati još na početku druge polovine prošlog veka [1], [2]. U proteklom periodu razvijeni su, u tu svrhu, različiti sistemi : mehanički, optički, radio, ultrazvučni, sa referentnim kablovima. Pri tome, u poslednje nepune tri decenije razvoju sistema za

automatsko vođenje poljoprivrednih traktora, bitno su doprinele nove tehnologije opto-elektronskih, inerciono-navigacionih i globalno pozicionih senzora, [3]. Vodeći svetski proizvođači traktora i samohodnih poljoprivrednih mašina u svoje nove modele u sve većem stepenu implementiraju savremene module aktivne kopntrole radnih procesa i režima kretanja, [4].

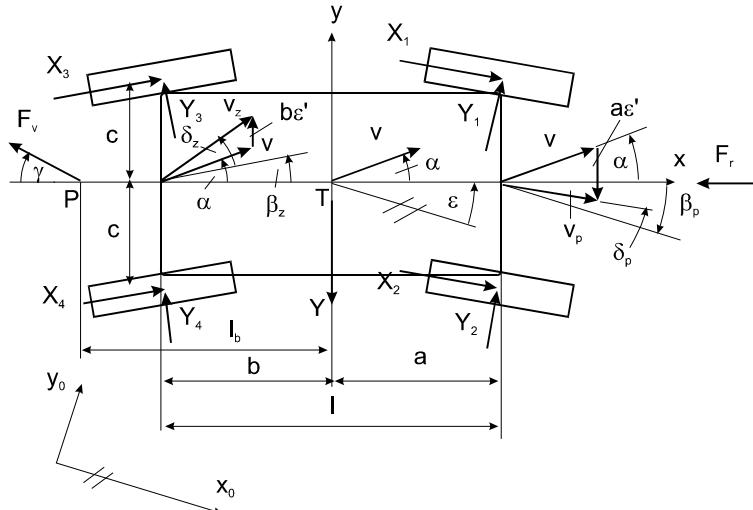
Nezavisno od cilja koji se postavlja i tehnologije upravljanja koja će biti korišćena, prvi korak pri rešavanju ovih problema je specificiranje dinamičkih karakteristika traktora, na bazi istraživanja interakcije vitalnih sklopova i sistema relevantnih za obavljanje određenih radnih zadataka. Naime, treba poznavati mehaničke i funkcionalne sprege koje u strukturi traktora i priključnih oruđa mogu biti realizovane na različite načine, zavisno od korišćenog koncepta. Tako na primer, u pogledu oslanjanja – traktori bez elastičnog oslanjanja, sa elastičnim oslanjanjem kabine, sa elastičnim oslanjenjem samo jedne osovine, sa elastičnim oslanjanjem obe osovina. U pogledu upravljanja – upravljanje prednjim, zadnjim, prednjim i zadnjim točkovima, zglobnim ramom, preko sistema kočenja. U pogledu vuče – pogonski most na jednoj osovini, pogonski most na obe osovini. U pogledu kočenja – kočenje svim točkovima, kočenje točkovima jedne osovine, kočenje pojedinačnim točkovima. Ako se ovim osnovnim funkcijama traktora dodaju i njegove moguće radne funkcije u sprezi sa radnim oruđima i priključcima onda se znatno povećava broj opcija specificiranih dinamičkih karakteristika i potreban obim istraživanja za njihovu identifikaciju.

U rezultatu istraživanja kompleksnih struktura i procesa treba odrediti karakteristike ponašanja sistema pri kretanju i radu sa aspekta odstupanja od referentnih putanja i pravaca, kao i njegovu reakciju pri korigovanju tog odstupanja. Za slučaj manuelnog upravljanja traktorom ovi pokazatelji su mera uspešnosti rada i zamaranja vozača, a za slučaj automatskog vođenja su baza za izbor koncepta sistema upravljanja, kao i optimiranja njegove strukture i parametara.

Shvatajući značaj predmetne problematike, u ovom radu su razmotrene mogućnosti primene savremenih metoda simulacije dinamičkih karakteristika traktora u pogledu upravljanja i stabilnosti kretanja kao baza za projektovanje automatskih sistema vođenja, ali i podrška globalnih pozicionih i navigacionih sistema u smislu verifikacije rezultata i identifikacije ulaznih podataka za simulacione modele. Pristup, model i karakteristični rezultati su prezentirani u narednim poglavljima ovog rada.

## **MODEL ZA SIMULACIJU DINAMIČKIH KARAKTERISTIKA TRAKTORA**

Saglasno ranijim istraživanjima odnosa ponašanja drumskih vozila, [5], [6], formiran je na sl. 1., ekvivalentni ravanski model poljoprivrednog traktora, čija se struktura može prilagoditi različitim konceptima traktora, pre svega izvedbama prenosnika snage i sistema za upravljanje. Struktura i parametri modela na sl. 1, odgovaraju opštem slučaju pogona i upravljanja na svim točkovima, i kao takav, definiše baznu varijantu, iz koje se mogu izdvojiti posebno specificirani slučajevi. Efekti raspodele opterećenja po točkovima obuhvaćeni su kompleksnim relacijama komponenata sila, iskazane parametarski u funkciji podužnog klizanja i ugla skretanja pneumatika. Moduli sistema za upravljanje prednjih i zadnjih točkova, mogu se uključiti pojedinačno ili spregnuto. Broj mogućih racionalnih opcija je različit i predstavlja poseban interes ovih istraživanja.



Sl. 1. Model traktora sa pogonom i upravljanjem na svim točkovima

Potrebne relacije za analizu funkcija upravljanja i pogona traktora preko svih točkova dobijaju se iz uslova dinamičke ravnoteže, saglasno modelu na sl. 1, za opšti slučaj krivolinijskog kretanja, u sledećem obliku:

$$I\ddot{\epsilon} - Y_1(a + c \sin \beta_p) - Y_2(a - c \sin \beta_p) + Y_3(b + c \sin \beta_z) + Y_4(b - c \sin \beta_z) \mp X_1(c - a \sin \beta_p) \pm X_2(c + a \sin \beta_p) \mp X_3(c - b \sin \beta_z) \pm X_4(c + b \sin \beta_z) + F_v l_b \sin \gamma = 0 \quad (1)$$

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + (Y_1 + Y_2) \sin \beta_p - (Y_3 + Y_4) \sin \beta_z - F_r - F_v = 0 \quad (2)$$

$$mv(\dot{\alpha} + \dot{\epsilon}) - (Y_1 + Y_2) - (Y_3 + Y_4) \pm (X_1 + X_2) \sin \beta_p \pm (X_3 + X_4) \sin \beta_z - F_v \sin \gamma = 0 \quad (3)$$

$$\delta_p = \beta_p - \alpha - \dot{\epsilon}(a/v) \quad \delta_z = \beta_z - \alpha + \dot{\epsilon}(b/v) \quad (4)$$

$$Y = f_y(X)K_\delta \delta \quad f_y(X) = 1 \pm C_y X \quad (5)$$

Prema datom redosledu, gornje zavisnosti prikazuju : (1) - ravnotežu momenata oko vertikalne težišne ose traktora, (2) - ravnotežu sila u pravcu podužne ose traktora, (3) - ravnotežu sila u pravcu poprečne ose traktora, (4) - rezultujuće uglove skretanja prednje i zadnje osovine traktora, respektivno, (5) - funkcionalnu zavisnost bočne sile na pneumatiku od podužne sile i ugla skretanja. Prema oznakama na sl. 1, generalisane koordinate,  $x$ ,  $\epsilon$ ,  $a$ , definisu položaj traktora u ravni  $x_0, 0, y_0$ . Uglovi zaokretanja prednjih i zadnjih točkova traktora, označeni su sa,  $\beta_p$ ,  $\beta_z$ , respektivno. Uglovi skretanja prednje i zadnje osovine traktora,  $\delta_p$ ,  $\delta_z$ , izraženi su preko, tako zvane ugaone brzine plivanja,  $da/dt$  i ugaone brzine zaokretanja traktora oko vertikalne ose,  $d\epsilon/dt$ , zatim uglova zaokretanja upravljačkih točkova, brzine kretanja  $v$  i koordinata centra masa,  $a$ ,  $b$ . Sila na poteznici traktora,  $F_v$ , deluje pod uglom  $\gamma$ , u odnosu na podužnu osu traktora i na rastojanje  $l_b$ , od centra masa  $T$ . U diferencijalnim jednačinama kretanja, (1) do (3) i izrazu (5), uočava se sprega bočnih,  $Y_i$  i podužnih,  $X_i$  reakcija sila na pneumaticima koja iskazuje kompleksnu interakciju posmatranih sistema traktora, a takođe traktora i tla.

Ključno pitanje u ovim istraživanjima je izbor parametara submodela pneumatika, (5). U tom smislu koristili smo neka iskustva u vezi identifikacije relacija, bočna sila - podužna sila - ugao skretanja - klizanje, pneumatika za drumska vozila, [7], uz odredjene modifikacije s obzirom na specifičnosti interakcije pneumatika traktora sa deformabilnim tlom, [5], [8].

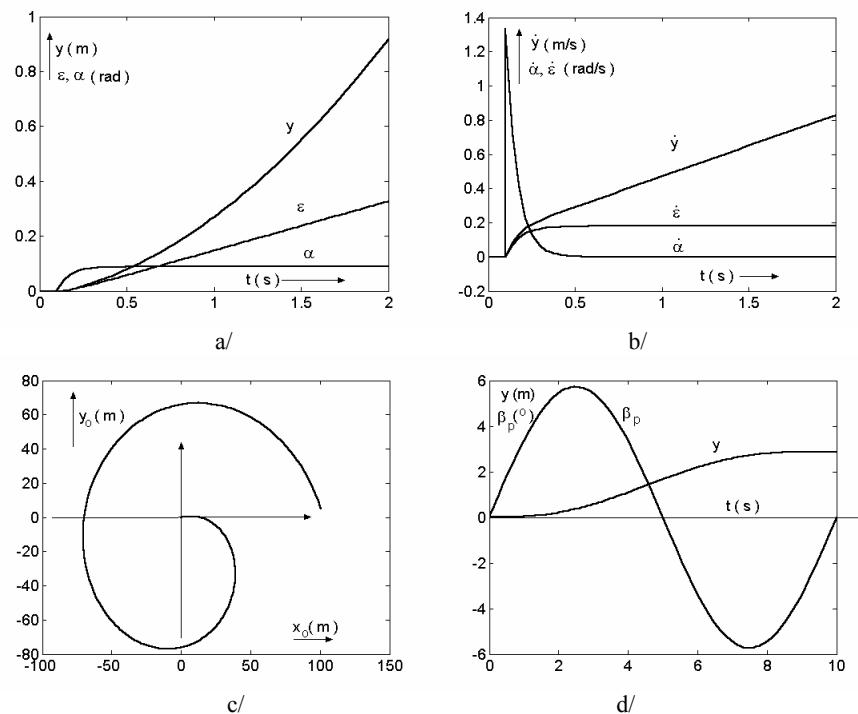
## REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Rezultati simulacije dinamičkih karakteristika traktora prikazani su na sl. 2 i sl. 3. Međutim, pre analize konkretnih rezultata treba istaći neke specifičnosti posmatranog problema a time i formiranog modela. Kao što je naglašeno, pri modeliranju dinamike traktora, uzet je u obzir uticaj elastičnosti pneumatika točkova u podužnom i bočnom pravcu u odnosu na ravan točka. Za proces upravljanja traktorom od posebnog značaja su parametri bočne elastičnosti pneumatika. Dejstvo horizontalnih sila na traktor i točkove sa bočno elastičnim pneumaticima, u pravcu upravnog na podužnu ravan, izaziva skretanje pneumatika, dakle, odstupanje pravca kretanja točka od njegove podužne ravni za ugao skretanja. Prema tome, dok je kod traktora sa bočno krutim točkovima, za zadat zakon zaokretanja upravljača i brzinu, kretanje kinematski potpuno određeno i može se lako izračunati odgovarajuća putanja, kod traktora sa bočno elastičnim točkovima to nije slučaj. To znači, da će u realnim uslovima kretanja, pri postojanju skretanja pneumatika, pravac kretanja točkova a time i traktora zavisiti od dinamičkih sila koje dejstvuju na njega – probloem se rešava metodama dinamike i znatno se usložava sa pojavom klizanja i složene interakcije podsistema, deformabilan točak/deformabilno tlo. Ovi fenomeni elastičnih pneumatika pokazuju znatan uticaj na upravljivost i stabilnost kretanja traktora, dakle, kao što je već istaknuto u uvodnom delu rada, na tačnost vođenja radnog sistema, bezbednost rada, produktivnost itd. Neki od ovih efekata su ilustrovani rezultatima simulacije, na priloženim graficima.

Grafički prikazi na sl. 2, a, b, c, odnose se na slučaj kretanja traktora mase 3000 kg, međuosnog rastojanja 2.2m, brzinom 8.2 km/h, na horizontalnom tvrdom tlu, pri naglom zaokretanju prednjih upravljačkih točkova za ugao  $12^{\circ}$ , i odnosu bočne krutosti prednjih i zadnjih točkova, iskazanom parametrom otpora skretanja 1: 1.25. Kao što se sa prikaza vidi, nakon prelaznog procesa, bočno pomeranje centra masa traktora, y, menja se po zakonu parabole i nakon 2 sekunde od poremećaja dostiže vrednost 0.92m, uago zaokretanja traktora oko vertikalne ose,  $\epsilon$ , kao ugao između podužne ose traktora i refrentnog pravca menja se približno linearno i nakon 2 sekunde dostiže vrednost od 0.32 radiana, a ugao između podužne ose traktora i vektora brzine kretanja, tako zvani ugao plivanja,  $\alpha$ , posle prelaznog procesa zadržava konstantnu vrednost od 0.97 radijana. Odgovarajuće brzine, kao vremenski izvodi ovih veličina date su desno, na sl. 2b. Putanja, koju opisuje centar masa traktora, prikazana na slici 2c, u inercionom koordinatnom sistemu  $x_0$  0  $y_0$ , odstupa bitno od kruga i ukazuje na nestabilan režim kretanja, za ovu kombinaciju parametara i uslova kretanja traktora.

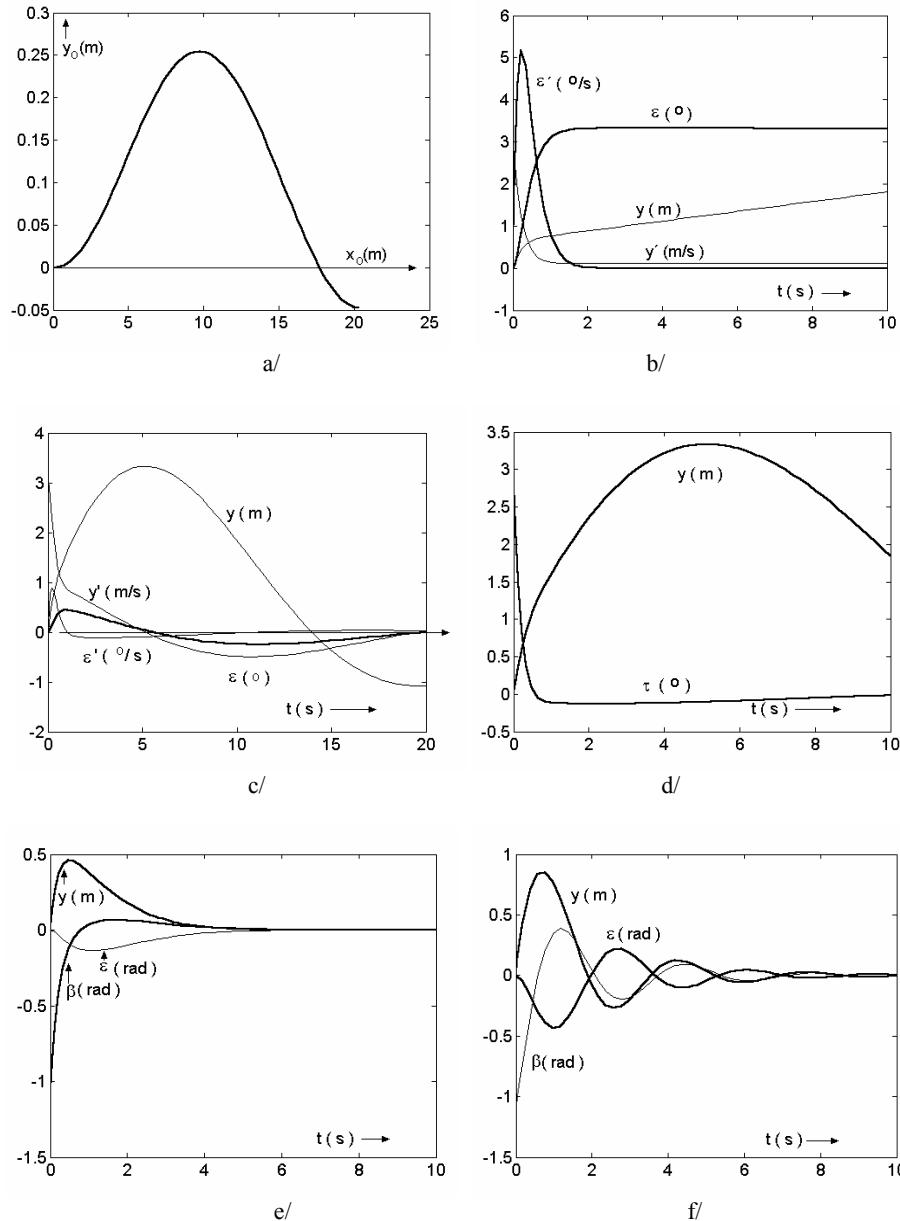
Takođe je ilustrativan primer sopstvene nestabilnosti traktora, prikazan na sl. 2 d, za slučaj simetričnog zaokretanja prednjih upravljačkih točkova po zakonu sinusa, amplitudu  $9^{\circ}$  i učestanosti 0.1Hz. Kao što se vidi, nakon jednog kompletног ciklusa

zaokretanja točkova, levi – desni zaokret, centar masa traktora se ne vraća u početni pravolinijski položaj već, u odnosu na njega odstupa 2.7m, nakon 10 sekundi kretanja. Ovom režimu kretanja odgovara nesimetrična putanja u inercionom koordinatnom sistemu na sl. 3a, koja takođe potvrđuje nestabilno kretanje. Istu tendenciju ispoljava ova simulaciona varijanta traktora pri impulsnoj pobudi na volanu pa ovi rezultati nisu prezentirani.



Sl.2. Rezultati simulacije dinamičkih karakteristika traktora.a/b/c/ slučaj naglog zaokretanja točka upravljača, d/ slučaj zaokretanja točka upravljača po sinusnoj funkciji(Detaljnije objašnjenje u tekstu rada)

Grafici na sl. 3b, prikazuju dinamičke karakteristike traktora, pri pravolinijskoj vožnji, fiksiranim upravljačkim točkovima, i impulsnoj bočnoj pobudi. Nakon prelaznog procesa, uagona,  $de/dt$  i bočna translatorna,  $dz/dt$  brzina se vraćaju na nulte vrednosti, podužna osa traktora zauzme konstantan ugaoni položaj od  $\epsilon=3.3^0$ , što dovodi do linearног porasta bočnog odstupanja centra masa traktora, koje na kraju 10 sekunde dostiže vrednost od  $y=1.87m$ . Ovaj slučaj je iskorisćen da se prikaže mogućnost simulacije regulacionog dejstva vozača u smislu stabilizacije kretanja traktora, anuliranjem bočnog odstupanja, rezultati na sl. 3 c,d, za dva različita nivoa tačnosti vođenja, kao i za projektovanje optimalnog regulatora, za sistem automatskog vođenja, na sl. 3 e,f, za dve brzine kretanja.



Sl. 3. Rezultati simulacije dinamičkih karakteristika traktora sa varijantama upravljanja i stabilizacije poremećenog kretanja. a/, b/ generalisane kordinate kretanja traktora, c/, d/ pokazatelji manuelnog upravljanja, e/, f/ pokazatelji automatskog upravljanja

## ZAKLJUČAK

Sve strožiji zahtevi za bezbedan i udoban rad ljudskog operatora, povećanje produktivnosti, zaštite tla i okruženja pri obavljanju poljoprivrednih operacija dovode do masovnije primene tehnologije aktivne kontrole u konstrukcijama traktora i priključnih mašina kao i njihove integracije sa globalno-pozicionim i inerciono-navigacionim sistemima. Pri tome, savremene metode modeliranja i simulacije dinamičkih sistema daju značajan doprinos rešavanju ovih problema.

## LITERATURA

- [1] Richey B.: Automatic pilot for farm tractors. Agricultural Engineering, 40 (2), 78-79, 1959.
- [2] Sohne W.: Agricultural Engineering and Terramechanics. Journal of Terramechanics. vol. 6, N<sup>o</sup> 4, 1969.
- [3] Noboru N, et al: Vehicle automation system based on multi-sensor integration. ASDE Paper 983111.
- [4] CLAAS, FENDT, prospektni materijal, 2008, 2009.
- [5] Wong J.: Theory of ground vehicles. John Wiley & Sons, Newyork, 1995.
- [6] Radonjić R., Radonjić D.: Projektovanje sistema za upravljanje traktora s obzirom na upravljačko dejstvo vozača. Traktori i pogonske mašine, br.4, Novi Sad, 1998.
- [7] Siefkes T.: Flachbahnpurflstand II. Eine Versuchseinheit zur Ermittlung der Eigenschaften von Nutzfahrzeugreifen und -achsen. ATZ 95(1993) 6, 306-313.
- [8] Bekker M.: Introduction to terrain-vehicle systems. Ann Arbor. The university of Michigan press, 1960.

## SIMULATION OF THE TRACTOR DYNAMICAL CHARACTERISTICS

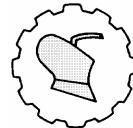
Rajko Radonjić

Mechanical Faculty - Kragujevac  
rradonjic@kg.ac.rs

**Abstract:** Agricultural tractors are design to perform various operation and transport tasks on unprepared and changing terrain. The work quality and safety are depended from tractor handling characteristics and from human operator skill and concentration. An agricultural tractor with lateral flexible tyre, without manual or automatic control is an unstable vehicle. The following accuracy of the desired trajectory is strongly affected of the tractor cornering stiffness. In this paper a physical-mathematical model was developed to study above mentioned problems. Illustrative examples of simulation results are presented and analysed.

**Key words:** tractor, control, stability, model, simulation.





UDK: 303.645

## IMPLEMENTACIJE SENZORA ZA METROLOGIJU I PRENOS PODATAKA U INDUSTRIJI TRAKTORA

**Branka Grozdanić\*, Zoran Grozdanić\*\*, Svetlana Vukas\***

\*<sup>IMR - Institut, Beograd imr-institut@Eunet.rs</sup>

\*\*) <sup>JKP Beogradske Elektrane, Beograd zorangr@ Verat.net</sup>

**Sadržaj:** Savremena rešenja u traktorskoj industriji nametnula su potrebu za uvođenjem sve većeg broja fizičko – tehničkih senzora, kako pri ispitivanju i razvoju, tako i pri serijskoj proizvodnji traktora. Sam princip senzora i merenja, se nije puno promenio. Najveći napredak je u realnom monitoringu i obradi podataka, što je omogućeno sa razvojem, savremenih računarskih tehnologija i DSP procesora, moćnih performansi i malih dimenzija. Podaci mogu da se prikupljaju i obrađuju radi ispitivanja, razvoja i eksploracije u samom traktoru, ili da se sa nekim od bežičnih protokola prenesu do centrale gde se mogu pratiti performanse traktora. Ovim se može na efikasniji način postići poboljšanje efikasnosti, pouzdanosti kao i ergonomije traktora.

**Ključne reči:** senzori, traktor, prenos i obrada podataka.

### UVOD

Tokom protekle decenije u proizvodnji traktora se sve više uvode savremeni elektronski sistemi sa ciljem da se obezbedi poboljšanje funkcionalnosti i produktivnosti u eksploataciji poljoprivrednih mašina i traktora. Prirodna posledica uvođenja sve većeg broja elektronskih sklopova, je potreba za međusobnom komunikacijom, a u cilju prikupljanja, obrade i slanja podataka ka operateru tj. korisniku, kao i ka perifernim jedinicama. Elektronska komunikacija je u tu svrhu upotrebljena, naprimjer, za koordinaciju mašinskih komponenti, ali i za razmenu informacija izmenju njih. Korišćenje mogućnosti komunikacije između perifernih celina, nameće i potrebu za standardizacijom u samoj proizvodnji različitih sklopova traktora (PTO, hidraulični sistemi, transmisija itd.). Ova standardizacija omogućava proizvođačima različitih sklopova traktora da usaglase međusobnu kompatibilnost u implementiranju opreme.

### SENZORI U SPREZI SA MAGISTRALOM ZA PRENOS PODATAKA

Današnje elektronske komunikacije primenjene u traktorskoj industriji zahtevaju znatno više standarde nego u ranijoj proizvodnji. To podrazumeva ne samo fizičku kompatibilnost ugrađenih komponenti nego i kompatibilnost pre svega u razmeni

međusobnih informacija, brzini i ispravnosti prenosa podataka, ožičenja, priključnih konektora, naponskih i strujnih nivoa, učestanosti merenja itd. Naročito važan segment u kompatibilnosti opreme je okrenut ka operateru u kabini, ili van nje (menadžerski informacioni sistem), što podrazumeva kompatibilnost u operatorskim displejima i terminalima.

Zbog ovoga je razvijen standard ISO 11783, namenjen kao elektronski komunikacioni protokol za poljoprivrednu opremu. Osnovna namena mu je da zadovolji potrebu za elektronskom komunikacijom između traktora i oruđa, između komponenti u okviru traktora ali i drugih samopogonskih poljoprivrednih mašina. Standard daje podršku i preciznim poljoprivrednim aplikacijama.

Osnova multipleksnog žičnog sistema u primjenjenom standardu je zasnovana na CAN (Controller Area Network) protokolu razvijenom od strane Bosch-a, 1991. god. Elektronska kontrolna jedinica (ECU) u kombinaciji sa senzorima i aktuatorima čini deo elektronskog kontrolnog sistema. Glavni delovi ECU su mikrokontroler i ulazno-izlazni interfejs.

Kao što je ranije naglašeno sama koncepcija i osnove senzora se nisu promenile tako da se za merenje osnovnih fizičkih veličina i dalje koriste:

- u oblasti merenja pritisaka dominiraju piezorezistivni, induktivni i slični senzori koji se uglavnom koriste za merenje pritiska ulja, pritiska vezanog za sam motor u usisnoj i izduvnoj grani itd.
  - merenje temperature vode, ulja i vazduha vrši se termistorima, poluprovodničkim senzorima, termoparivima, RTD otpornicima itd.
  - ugao, brzina i položaj mere se inkrementalnim enkoderima, potenciometrima, Hall davačima, itd.
  - naprezanje se i dalje meri mernim trakama najčešće poluprovodničkim.

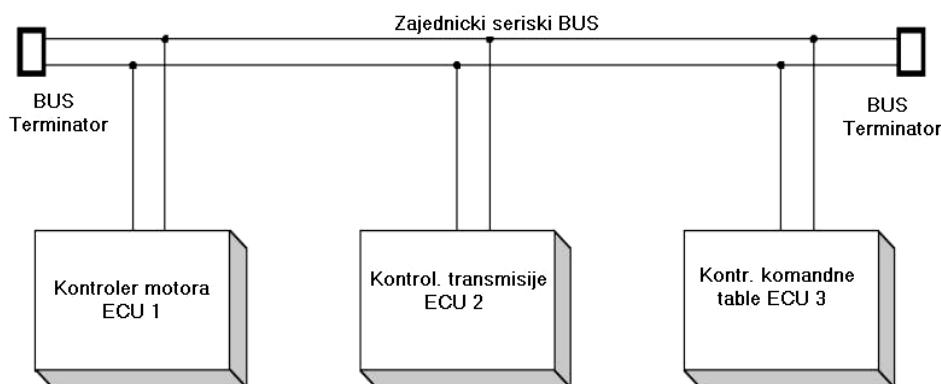
Sami senzori mogu da reprezentuju promenu praćene fizičke veličine naponskim, strujnim otpornim, frekvenciskim ili sličnim signalom koji se digitalizuje i kao takav komunicira sa ECU. Često se senzori i koncipiraju kao SMART senzori sa ugrađenim "plug in play" interfejsom. Osnova dvožične komunikacije i multipleksnog povezivanja čini osnovu koja zahteva razmenu podataka na magistrali za prenos podataka (BUS) bez konflikata koja je definisana protokolom.

Sa razvojem traktorske industrije proizvođači su razvijali različite stepene ECU jedinica:

- Chrysler Collision Det. na traktoru Deer 7000 komunicira sa pet ECU jedinica, 1992 god.
  - New Holland postavlja Bosch CAN sistem na Genesis traktoru 1994 god.
  - Caterpillar upotrebljava SAE J1587 link podataka na Challenger 75 i 85 traktoru 1993 god.
  - Flexi Coil primenjuje SAE 1708 na njihovoj sejačici u komunikaciji sa 18 ECU jedinica
  - LBS (DIN 9684) je predstavljen u Evropi 1990 god. i bio je deo razvoja Fendt Vario traktora
    - standard SAE J1939 razvijen je kao podrška za komunikaciju na, i van putnim aplikacijama kao i standard DIN 9684 kao podrška za komunikaciju sa korisničkim displejom predstavljaju osnovu za standard ISO 11783

CAN (Controller Area Network) – protokol za mrežu kontrolera definiše način komunikacije duž putanje (magistrale), koja povezuje više postavljenih čvorova (nodes). Čvor predstavlja deo celog sistema, ili mreže koji ostvaruje jednu ili više funkcija u okviru njega. Čvor podrazumeva postojanje procesora (mikrokontroler), koji zavisno od svog moda rada koristi internu ili eksternu memoriju za obradu skladištenje i (ili) distribuciju podataka.

Primena CAN baziranih mreža je omogućila da se svi kontroleri, senzori i aktuatori povežu na jednu serijsku komunikacionu liniju. Sam protokol poseduje moćne mehanizme za korekciju grešaka pri prenosu. Dijagnostika stanja sistema je znatno pojednostavljena, kao i mogućnost “online” konfiguracije pojedinih kontrolnih uređaja na liniji. Prema zahtevima i ciljevima koji se postavljaju pred serijsku komunikaciju u traktorima, CAN primene se tipično dele u 3 grupe: ECU za kontrolu motora, ECU za kontrolu transmisije i ECU za komandnu tablu sl. 1.



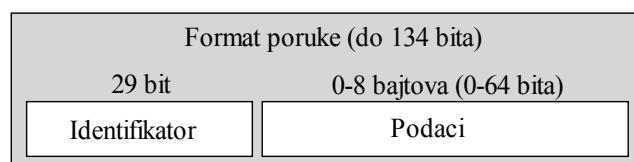
Sl. 1. Topologija BUS magistrale u traktoru

CAN protokol je zasnovan na poruci, što praktično znači da do svakog čvora u sistemu stiže poruka sa magistrale (za razliku od sistema zasnovanom na adresi u okviru koga poruka stiže samo do delova sistema sa naznačenom adresom).

Zahvaljujući tome, do svakog novopostavljenog čvora, poruke stižu odmah po njihovom postavljanju na magistralu bez potrebe rekonfiguracije sistema. CAN hardver u okviru svakog čvora ostvaruje lokalno filtriranje koje omogućuje da samo određeni čvorovi mogu da reaguju na pristiglu poruku. Najčešći tip slanja poruke sa podacima se koristi kada čvor šalje korisne podatke ostalim čvorovima u sistemu.

ISO 11783 je zasnovan na CAN 2.0b protokolu (poznatijem kao ‘prošireni CAN’ protokol) zasnovan kao 29-bitni identifikator.

Format poruke sastoji se od identifikatora i polja podataka



Slika 2.

Bitovi najmanje težine (8 bit) definišu "source" adresu - fizičku adresu jedinice koja šalje poruku, a bitovi najveće težine (3 bit) su nezavisni prioritetni bitovi. Poruka na CAN magistrali može biti sastavljena od višestrukih okvira podataka: inicijalni frejm se šalje da najavi format preostalih frejmova, ili se vezujući tip poruke šalje na specifičnu destinaciju da kontroliše protok kasnijih podataka. Adresa ECU mora biti jedinstvena i to: viša 32 bita su jedinstveno ime, a niža 32 bita je proizvođački kod.

Prioritet poruke koja se pojavljuje na magistrali se određuje arbitracijom naprimer, poruka sa numerički najmanjom vrednošću, u arbitracionom polju ima najviši prioritet. Sam proces arbitracije se dešava kada dva ili više čvorova istovremeno počnu slanje poruke. Tokom slanja oni stalno proveravaju stanje magistrale. Kada jedan čvor primeti dominantan bit u trenutku kada je sam poslao rececivan, on se povlači. Čvor koji je slao poruku sa većim prioritetom nastavlja slanje bez znanja da je "pobedio" u arbitraciji. Na ovaj način nema utroška dodatnog vremena za proces arbitracije. Čvor koji se "povukao" pokušava sa slanjem svoje poruke po završetku slanja tekuće poruke i predefinisanog vremena mirovanja magistrale.

Jedna od značajnih karakteristika CAN protokola je veoma efikasno upravljanje greškama koje imaju za cilj da primete grešku u poruci koja se trenutno nalazi na magistrali, kako bi čvor koji šalje poruku ponovio slanje.

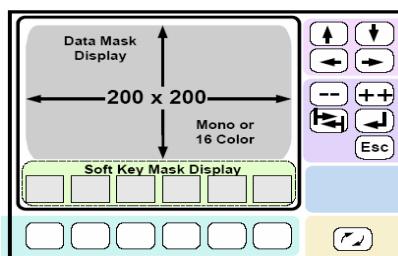
ISO 11783 podržava "task" kontrolne aplikacije. Zadaci se nalaze u okviru pojedinačnih ECU. Zadaci se mogu učitati od strane "management computera" (sl. 4) pre rada na terenu. Podržana su tri moda rada "taska" zasnovanog na vremenu, rastojanju i poziciji. Tipična primena je u razvoju i recepturi napr. za upravljanje sistema za useve itd. Traktori se klasifikuju u odnosu na njihove mrežne mogućnosti na:

- Klasu 1 - osnovne informacije i osvetljenje
- Klasu 2 - dodaje potpunije informacije o sistemu
- Kasu 3 - dodaje mogućnost primene za kontrolu priključaka, PTO, hidrauličnih ventila itd.

Primera radi prošireni skup informacija može slati poruke sa ECU motora o recimo sadržanim obrtnim momentima što može olakšati rad na koncipiranju nove transmisije radi povećanja performansi traktora. Prednost CAN razmene podataka u okviru standarda je i u mogućnosti brže identifikacije otkaza kao i predikciji istog.

Važan deo sistema u razmeni podataka je njihova vizuelizacija za samog operatera. Virtuelni terminal (VT) prikazuje informacije korisniku ali mu i omogućava unos istih u sistem. VT je za ECU obično "slave" uređaj, a iz perspektive korisnika VT se može koristiti za prikaz podataka jedne ili više ECU. VT podržava konfigurisanje maski za različite korisnike. VT podržava grafički i tekstualni prikaz.

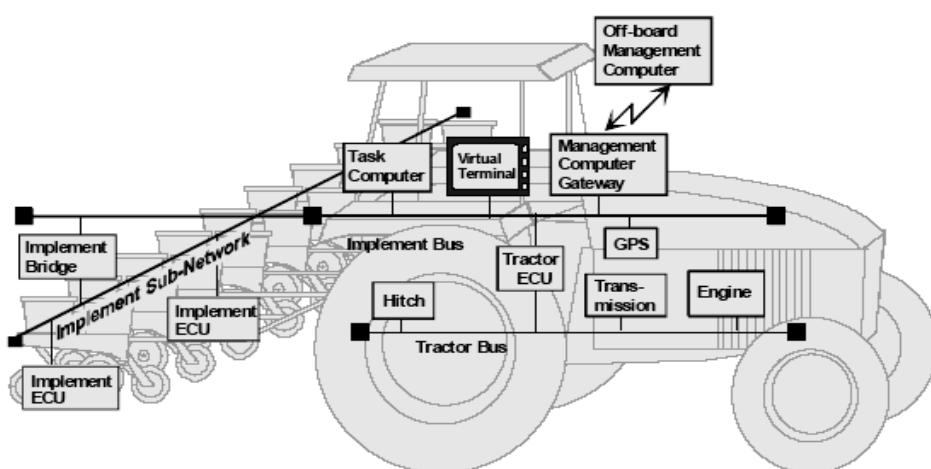
Na slici je prikazan terminal sa korisničkim tasterima za navigaciju, editovanje i kontrolu kao i signalizaciju definisanih sistema



Slika 3. Virtuelni terminal

Ožičenje BUS magistrale se ostvaruje upredenim kablovima posebno razvijenim za standard ISO 11783, sa maksimalno 125 kb/s bez oklopljenih vodova, i do 250 kb/s sa oklopljenim vodovima. Ograničenja u topologiji BUS magistrale su: 40m dužine pojedinačnog segmenta, 0.1m minimalne dužine između ECU. "T" konfiguracija mreže se izbegava, sa limitom od 30 ECU jedinica na pojedinačnom segmentu pa do maksimalo 256 ECU za međusobno povezane segmente.

Slika 4. prikazuje blokovski prikaz sistema za merenje od perifernih ECU jedinica sa senzorikom, do "task" kontrolera i virtuelnog terminala.



Slika 4.

CAN serijski interfejs, originalno razvijan za potrebe automobilske industrije nalazi sve širu primenu i u drugim oblastima industrijske automatizacije. Buduća kretanja na polju senzorike i prenosa signala će se svakako kretati u daljem nadograđivanju magistrale podataka.

Poseban aspekt u budućem prenosu podataka je bežični prenos podataka koji je zasnovan na nekoliko standarda: za wireless LAN, IEEE 802.11b ili viši ("WiFi") (IEEE,1999b); wireless PAN, IEEE 802.15.1(Bluetooth)(IEEE,2002) i IEEE 802.15.4 (ZigBee)(IEEE,2003).

Kao primer ugrađene bežične opreme može da se navede supervizorska kontrola rada i navođenja traktora (Charles i Stenz, 2003 god.; Ribeiro et al.; 2003 god.; Chungetal., 2001 god.) u obradi poljoprivrednih površina.

Veliki proizvođači traktora New Holland, John Deere, Deutz-Fahr i AGCO grupa sve više posvećuju svoj program razvoju preciznog ratarstva, kao i implementiranje GPS senzora u samim traktorima. GPS (Global Positioning System) je sastav namenjen navigaciji i pozicioniranju. Primenom GPS-a postižu se značajne uštede u potrošnji goriva, zatim postiže se mogućnost povećanja radne brzine, (a samim tim smanjuje se vreme potrebno za obradu određene parcele), kao i povećanje preciznosti rada, što rezultira uštedom finansijskih sredstava.

## ZAKLJUČAK

U gore navedenim slučajevima uočavaju se prednosti savremenih merno upravljačkih sistema u traktorskoj industriji i to: niska cena, sposobnost funkcionisanja u različitim okruženjima, podrška radu u realnom vremenu, izuzetno visoka pouzdanost, jednostavna upotreba itd. Ovaj rad predstavlja kratku i načelnu sistematizaciju implementiranih rešenja.

## LITERATURA

- [1] ISO 11783 Electronic communications protocol for agricultural equipment
- [2] Implementacija CAN protokola - Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu
- [3] Electronic Systems (Chapter 10b) - Scott A. Shearer, Ph.D., P.E.

## IMPLEMENTATION SENSORS FOR METROLOGY, AND DATA TRANSFER IN TRACTOR INDUSTRY

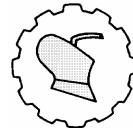
**Branka Grozdanić\*, Zoran Grozdanić\*\*, Svetlana Vukas\***

\**IMR - Institut, Beograd imr-institut@Eunet.rs*

\*\*) *JKP Beogradske Elektrane, Beograd zorangr@ Verat.net*

**Abstract:** Contemporary solutions in industry of tractor necessitated the need for introducing an increasing number of physical - technical sensors, as the testing and development, and as the serial production of tractors. The very principle of the sensor and measuring, not much changed. The greatest improvement in real monitoring and data processing, which enables the development, modern computer technology and DSP processors, powerful performance and small size. Data can be collected and processed for testing, development and exploitation of the tractor, or with some of the wireless protocol to transfer the headquarters where you can track the performance of tractors. This can be more effectively achieved by improving the efficiency, reliability and ergonomics of tractors.

**Key words:** *sensors, tractor, data transmission and processing.*



UDK: 303.645

## PRIMENA CAN BUS MREŽA NA TRAKTORIMA I RADNIM MAŠINAMA

Kosta Gligorević<sup>1</sup>, Mićo V. Oljača<sup>1</sup>, Đukan Vukić<sup>1</sup>, Ivan Zlatanović<sup>1</sup>,  
Branko Radičević<sup>1</sup>, Miloš Pajić<sup>1</sup>, Rade Radojević<sup>1</sup>,  
Vladimir M. Oljača<sup>2</sup>, Zoran Dimitrovski<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Poljoprivredni fakultet, Beograd, email: koleg@agrif.bg.ac.rs

<sup>2</sup> Fakultet organizacionih nauka, Beograd, email: ovlada@gmail.com

<sup>3</sup> Poljoprivredni fakultet, Štip, Makedonija, email: zoran.dimitrovski@ugd.edu.mk

**Sadržaj:** Različiti tipovi i modeli računarskih upravljačkih jedinica već duži period su sastavni delovi traktora i ostalih poljoprivrednih ili radnih mašina, čineći ih efikasnijim i bezbednijim. Ova veoma važna tehnološka inovacija, CAN Bus mreža ili „Controller Area Network“ omogućava da se računarske jedinice i njihove komponente unutar traktora i drugih radnih mašina povežu u funkcionalnu kompleksnu celinu. Pri tome je obezbeđena pouzdana i sigurna komunikacija, a smanjena količina električnih provodnika koji bi se inače zbog povezivanja delova sistema koristili. Informacije koje prikupljaju različiti senzori unutar traktora i drugih radnih mašina, CAN Bus mreža prenosi do računarske jedinice, a pri tome uspostavlja prioritete među pristiglim podacima kako bih za svaki od njih, na osnovu unapred propisanih protokola i procedura, odgovarajućom brzinom bio pripremljen odgovor od strane odgovarajuće računarske jedinice.

**Ključne reči:** Mreža, CAN Bus, računar, senzor, elektronski modul, traktor, radna mašina.

### 1. UVOD

Brojne kompjuterske upravljačke jedinice su odavno postale sastavni deo motornih vozila i radnih mašina, čineći ih efikasnijim i bezbednijim. Skraćenica CAN Bus [13] (Controller Area Network) krije jednu veoma važnu tehnološku inovaciju, koja je omogućila značajan kvalitativni iskorak u svetu motornih vozila i radnih mašina, kakav je inače načinjen tokom poslednjih dvadesetak godina. Reč je o mreži kojom su u vozilu-radnoj radnoj mašini povezane sve instalirane elektronske upravljačke jedinice-elektronski moduli, i koja ima zadatak da obezbedi efikasnu međusobnu razmenu informacija. Neophodne informacije, prikupljaju različiti senzori na vozilu, koji su sastavni delovi nekog od brojnih elektronskih modula, a CAN Bus mreža te informacije prenosi kroz sistem, uspostavljajući prioritete među pristiglim podacima, kako bi za svaki od njih, na osnovu unapred propisanih protokola i procedura, odgovarajućom brzinom bio pripremljen odgovor.

Osnovni razlog za ovakvu tehnološku inovaciju [11], [13], [15] je sve veći broj elektronskih komponenti na vozilima i radnim mašinama koje zahtevaju međusobnu povezanost radi komunikacije. Ova neophodnost stvarala je inženjerima probleme, prvenstveno zbog velikog broja provodnika, prioriteta i važnosti informacija koje kroz te provodnike šalju različite računarske jedinice u vozilu-radnoj mašini.

Početak priče [13] oko rešavanja ovih problema vezan je za 1980-tu godinu. Inženjeri kompanije Robert Bosch GmbH, [12] uvidevši probleme postojećih sistemskih magistrala za prenos podataka i procenivši njihove mogućnosti, shodno budućim trendovima razvoja elektronike na motornim vozilima i radnim mašinama, angažovali su se na realizaciji projekta koji bi trebalo da stvori novu sistemsku magistralu, koja će uspešno zameniti postojeće. Inženjeri kompanije Robert Bosch GmbH [12]: Uwe Kiencke, Siegfried Dais i Martin Litschel započeli su razvoj nove sistemске magistrale 1983. godine.

Osim kompanije Bosch u razvoju su bili uključeni i inženjeri istraživači Mercedesa i Intel-a, koji je trebao da obezbedi hardversku podršku. Prof. dr Wolfhard Lawrenz, sa univerziteta primenjenih nauka u Braunschweig-Wolfenbüttel, [13] i prof. dr Horst Wettstein, sa univerziteta Karlsruhe, [13] su bili angažovani na projektu kao vid akademske pomoći i dali su ime novonastalom mrežnom protokolu CAN (Controller Area Network) ili kontrolisana lokalna mreža.

U februaru 1986. godine novi mrežni protokol predstavljen je na kongresu inženjera SAE u Detroitu, SAD. Sistem je predstavljen kao novi vid sistemске magistrale koja kroz isti provodnik razmenjuje veliki broj informacija između elektronskih modula na vozilu, a pritom ih tačno prosleđuje prema zadatom prioritetu.

Mnogobrojne publikacije [5], [11], [13] su predstavile i opisivale ovaj novi sistem sve dok 1987. godine nije proizveden prvi kontrolerski čip u koji je implementiran ranije predstavljeni protokol o razmeni informacija među elektronskim komponentama unutar vozila-mašina. Ovaj kontrolerski čip pod oznakom 82526, proizvela je Američka kompanija Intel. Na ovaj način i hardverska podrška za uspešnu implementaciju sistema u vozila i mašine, bila je spremna. Usledila je neophodna standardizacija sistema, međutim zbog nekoliko ispravki vezanih za otklanjane primećenih nedostataka u funkcionisanju protokola, standardizacija je odlagana i tek novembra 1993. godine predstavljen je standard ISO 11898, koji definiše funkcionisanje CAN protokola pri brzinama protoka informacija do 1 Mbit/s.

Ovim činom standardizacije zvanično je zaživeo najzastupljeniji mrežni protokol po kome funkcioniše najveći broj sistemskih magistrala na vozilima i radnim mašinama.

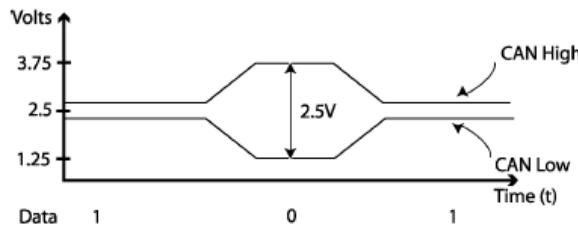
## 2. ARHITEKTURA I PRIMENA CAN BUS MREŽA

CAN Bus predstavlja sistemsku magistralu koja kroz isti provodnik razmenjuje veliki broj informacija između elektronskih modula na vozilu-radnoj mašini, a pritom ih tačno prosleđuje prema zadatom prioritetu koji je određen CAN BUS protokolom, čije su instrukcije smeštene u kontrolerskom čipu [11], [15].

CAN BUS mreža za komunikaciju između elektronskih modula (nodova) koristi dva voda sa po dva upletena provodnika. Prvi vod predstavlja vod višeg prioriteta (CAN-high), dok drugi vod predstavlja vod nižeg prioriteta (CAN-low). Kada se kroz vodove

ne šalju informacije (idle mode), oni se nalaze pod naponom od 2,5 V. U trenutku protoka informacija, vod višeg prioritata ima napon od 3,75 V, dok je vod nižeg prioriteta pod naponom od 1,25 V, pa je razlika u naponima između vodova 2,5 V [8]. Ovo ih čini otpornim na razne smetnje elektromagnetne prirode koje proizvode ostali električni uređaji u vozilima-mašinama, pa informacije koje se šalju kroz mrežu ne mogu sadržati greške ili biti nečitljive elektronskoj jedinici kojoj su upućene.

Na slici (Sl. 1) može se videti fizički način prenosa informacija CAN Bus mrežom.



Sl. 1. Način prenosa informacija CAN Bus mrežom [15]

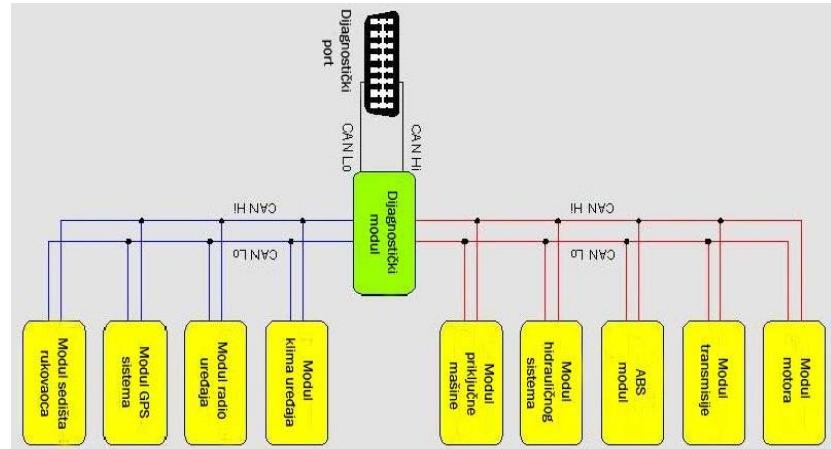
Podaci koji se prenose kroz mrežu (na primer: broj obrtaja kolenastog vratila motora, brzina kretanja traktora, trenutni položaj radnog organa, itd.) nisu adresirani, odnosno ne sadrže instrukcije o tome kojoj su elektronskoj jedinici upućene.

Umesto toga, podaci koji se šalju kroz mrežu sadrže identifikacioni kod (identifikator) koji je jedinstven za svaku informaciju u mreži. Svi elektronski sistemi-moduli koji su priključeni na mrežu primaju informaciju koja je kroz mrežu poslata od nekog elektronskog modula, a zatim nakon testiranja identifikatora prepoznaju da li je ta informacija za njih relevantna ili ne.

Ukoliko nakon testiranja identifikatora od strane elektronskog modula, modul utvrdi da je ta informacija za njega relevantna, biće procesuirana, ukoliko nije relevantna, biće ignorisana. Identifikacioni kod, odnosno identifikator koji sadrži informacija prosleđena kroz mrežu, takođe određuje i prioritet prosleđenih informacija, pa tako što je numerička vrednost identifikatora niža, to je prioritet te informacije za slanje kroz mrežu veći.

Na primer, ako elektronski modul motora SUS šalje neku poruku o nastaloj greški, što se prikazuje kao aktiviranje indikatorske lampice na instrument tabli, a u isto vreme stiže i informacija koju šalje elektronski modul za kontrolu klima uređaja, onda su obe informacije prema indikatoru upućene elektronskom modulu za monitoring. Ovaj modul će dati prednost prvom podatku, smatrajući ga (s pravom) važnijim za ispravno funkcionisanje vozila, iz razloga što je numerička vrednost njegovog indikatora niža. Zato će na upravljačkom displeju ili instrument tabli, uz svu potrebnu prednost, biti upućen signal rukovacu, koji označava potencijalnu grešku u radu motora. Ovaj način razmene informacija kroz mrežu, koji je definisan CAN Bus protokolom, obezbeđuje da sve informacije koje su poslate kroz mrežu, stignu na pravo mesto i da pritom budu procesuirane-uređene, prema prioritetu, a da pritom nijedna informacija ne bude izgubljena.

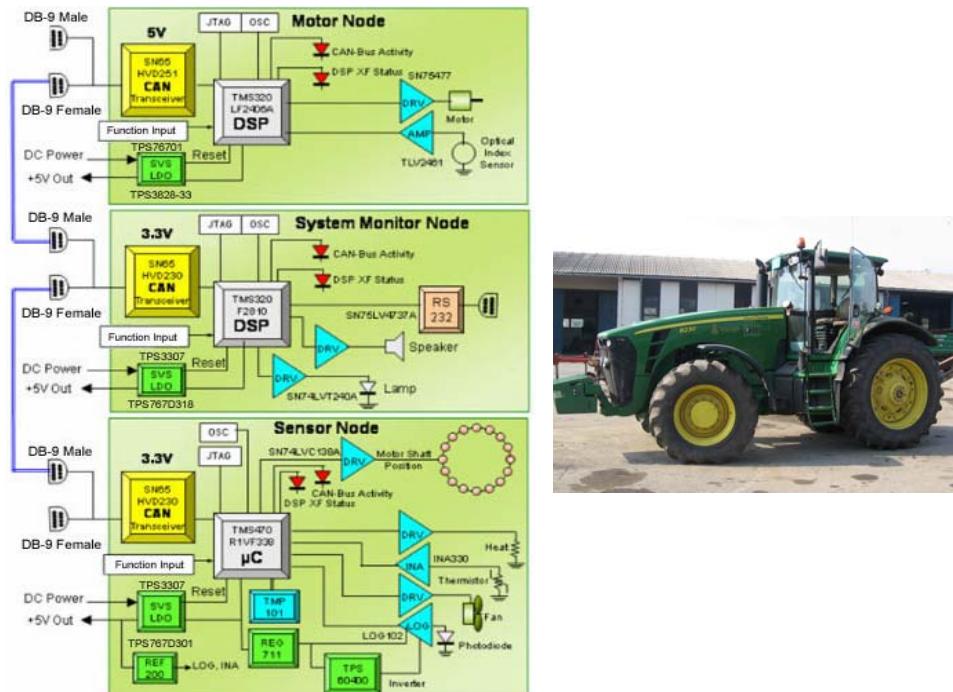
Na slici (Sl. 2) prikazana je strukturalna šema elektronskih modula (nodova) povezanih CAN Bus mrežom.



Sl. 2. Struktorna šema modula povezanih CAN Bus mrežom

Svaki elektronski modul povezan na CAN Bus (Sl. 3) mrežu obavezno ima kontrolerski čip, koji omogućava prijem prave informacije prosleđene kroz mrežu, kao i njihov prijem po prioritetu.

Na slici (Sl. 3) prikazan je deo blok šeme elektronskog sistema traktora John Deere 8230.



Sl. 3. Deo blok šeme elektronskog sistema traktora John Deere 8230 [16]

Posebno bitna karakteristika CAN Bus systemske magistrale je njena pouzdanost u radu. Standard ISO 11898 propisuje obavezno funkcionisanje sistema prenosa podataka kroz mrežu čak i kad su oba provodnika jednog voda prekinuta, bilo da se radi o vodu višeg (CAN high) ili vodu nižeg prioriteta (CAN low).

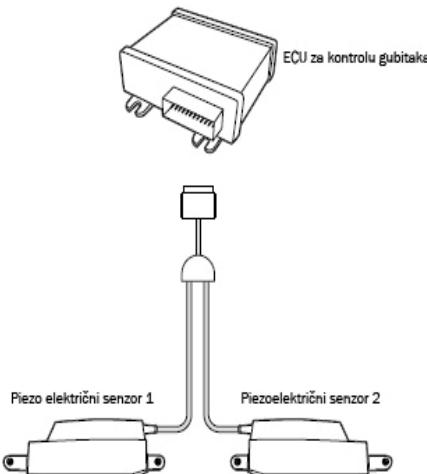
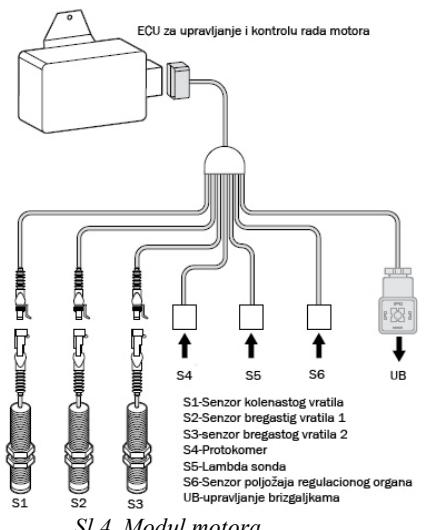
Veliki broj traktora i radnih mašina, savremene proizvodnje, u sebi imaju implementirane elektronske komponente koje su međusobno, uvek i bez izuzetka povezane CAN Bus mrežom, čineći elektronski sistem. Veoma je važno da elektronske komponente ili elektronski moduli međusobno sigurno i pouzdano razmenjuju informacije.

Sistemi savremenih traktora i radnih mašina, prilikom obavljanja radnih procesa, izvršavaju veliki broj operacija istovremeno i veoma je bitno da u trenutcima izvršenja radnih procesa nijedan od njih ne zakaže. Kao primer složenosti elektronskog sistema savremenog kombajna navećemo samo neke od elektronskih modula koji čine deo elektronskog sistema, a pri tom su nezamenljivi u izvršavanju radnog procesa modula:

- motora,
- transmisije,
- hidrauličkog sistema
- za prikaz i kontrolu radnih parametara (On Board Computer),
- za upravljanje radnim procesom (heder, vršidbeni uređaj, separacioni uredaj, ventilator, uređaji za transport zrna, itd),
- za kontrolu gubitaka zrna,
- za kontrolu položaja kombajna

Prikazani tipovi modula su međusobno povezani i razmenjuju informacije preko CAN Bus mreže koja obezbeđuje pouzdan i brz prenos informacija, prema njihovom prioritetu, pri čemu je brzo procesuiranje i odziv, jedan od osnovnih kvaliteta ove systemske magistrale.

Sl. 4. i Sl. 5. prikazuju elektronske module za upravljanje i kontrolu rada motora, i kontrolu gubitaka zrna.



### 3. ZAKLJUČAK

Primena sistemske magistrale koja funkcioniše po CAN Bus protokolu predstavlja veliki korak u unapređenju elektronskih sistema koji upravljaju ili kontrolisu rad vozila i mašina. Postoji nekoliko veoma bitnih prednosti koje ovaj protokol za prenos informacija između elektronskih modula elektronskog sistema, nameću kao najbolje rešenje:

- znatno smanjenje količine električnih provodnika u vozilu - radnoj mašini, što utiče na smanjenje troškova proizvodnje, kao i na smanjenje mase vozila-mašine, i potrošnju goriva,
- smanjenje broja konektorskih priključaka, što povećava pouzdanost sistema,
- znatno povećanje brzine razmene informacija između elektronskih modula,
- potpuna sigurnost prenosa i nemogućnost gubitaka informacija,
- velika otpornost na elektromagnetne smetnje.

Sve navedene prednosti učinile su da sistemske magistrale koje funkcionišu po CAN Bus protokolu, danas, budu nezamenljivi deo svakog vozila ili radne mašine.

### LITERATURA

- [1] Oljača V.M., Raičević D., Ružić L., Đokić M., Radojević R. (2000): Safety in work of a fork - lift trucks, XVI International conference: Materijal flow, machines and devices in Industry, pp. 337-340, Faculty of mechanical Engineering, Belgrade.
- [2] Oljača V.M., Đokić M., Ružić L., Luka R., Bandić J. (2001): The accidents and their causes in work with the agricultural machines, Annual International Meeting – The American Society of Agricultural Engineers, Section No 74, ASAE paper No 018036, USA, Sacramento, CA.
- [3] Oljača V.M., Ružić L., Tanevski D., Dimitrovska Z. (2003): Ergonomski faktori u eksploataciji poljoprivrednih mašina. Godišnji zbornik radova, Poljoprivredni fakultet, volume 48, Skoplje.
- [4] Oljača V.M., Ružić L., Tanevski D., Dimitrovska Z. (2004): Računarski sistemi u kontroli radnih procesa poljoprivredne tehnike. Godišnji zbornik radova. Fakultet poljoprivrednih nauka i hrane, Skopje.
- [5] Oljača M., Gligorević K., Branković M., Dimitrovska Z., Tanevski D. (2005): Primena elektronskih komponeneta na traktorima i radnim mašinama u funkciji povećanja kontrole sigurnosti i eksploracije, Poljoprivredna tehnika, Vol. XXX, N01, p.p. 107-118, Beograd.
- [6] Mićo V. Oljača, Đukan Vukić, Đuro Ercegović, Kosta Gligorević, Miloš Pajić, Steva Božić, Rade Radojević, Zoran Dimitrovska (2008): Tehnička rešenja uređaja i opreme za povećanje sigurnosti rada mobilnih mašina i traktora u poljoprivredi, Poljoprivredna tehnika, Vol. XXXIII, N01, p.p. 89-100, Beograd.
- [7] Oljača V.M., Vukić Đ., Ercegović Đ., Radivojević D., Momirović N., Topisirović G., Gligorević K., Radičević B., Oljača M.V. (2008): Bežični senzori u poljoprivredi danas, i buduće perspektive primene, Poljoprivredna tehnika, Vol. XXXIII, No 1, p.p. 7-20, Beograd.
- [8] Popović M. (2004): Senzori i merenja, Zav. za udž. i nastavna sredstva, p.p.1-502, Srpsko Sarajevo.
- [9] Popović M. (2004): Senzori u robotici. Viša elektrotehnička škola, p.p.1-235, Beograd.
- [10] Webster J.: Instrumentation and Sensors Handbook, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin, USA, 1998.

- [11] [http://www.interfacebus.com/Design\\_Connector\\_CAN.html](http://www.interfacebus.com/Design_Connector_CAN.html)
- [12] <http://www.bosch.com/content/language2/html/index.htm>
- [13] <http://www.mjschofield.com/>
- [14] [http://www.bridgwater-electronics.co.uk/p\\_59\\_What+is+CAN+Bus%3F.php](http://www.bridgwater-electronics.co.uk/p_59_What+is+CAN+Bus%3F.php)
- [15] <http://www.axiomatic.com>
- [16] <http://www.focus.ti.com/.../folders/print/canbus-demo.html>
- [17] <http://www.can-cia.de/uploads/media/ivt-2-06.pdf>
- [18] [http://www.mcelettronica.it/eng/pdf/cataloghi/17\\_CombineHarvesters\\_ENG.pdf](http://www.mcelettronica.it/eng/pdf/cataloghi/17_CombineHarvesters_ENG.pdf)
- [19] <http://www.can-cia.de/uploads/media/ivt-2-06.pdf>
- [20] <http://www.icpdas.com/index.htm>
- [21] <http://www.kvaser.com/index.htm>

## APPLICATION OF CAN BUS NETWORKS ON TRACTORS AND WORKING MACHINES

**Kosta Gligorević<sup>1</sup>, Mićo V. Oljača<sup>1</sup>, Đukan Vukić<sup>1</sup>, Ivan Zlatanović<sup>1</sup>,**  
**Branko Radičević<sup>1</sup>, Miloš Pajić<sup>1</sup>, Rade Radojević<sup>1</sup>,**  
**Vladimir M. Oljača<sup>2</sup>, Zoran Dimitrovski<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Faculty of Agriculture, Nemanjina 6, Beograd, email:koleg@agrif.bg.ac.rs*

<sup>2</sup>*Faculty of Organizational Sciences, Beograd, email: ovlada@gmail.com*

<sup>3</sup>*Faculty of Agriculture, Štip, Macedonia, email: zoran.dimitrovski@ugd.edu.mk*

**Abstract:** Numerous computer control units have long been an integral part of the tractors and other agricultural machines, making them more efficient and safer. This important technological innovations, CAN Bus network or “Controler Area Network” that allows computer units and their components within the tractor and the other working machines connected, and to thereby provide a reliable and secure communications, and reduce the amount of electrical conductors that would otherwise used for this purpose. Information collected various sensors inside the tractor and the other working machines, CAN Bus network transmits to the computer unit, while establishing priorities among the data, so I arrived for each of them, based on pre-prescribed procedures and protocols, the corresponding response rate was prepared by computer.

**Key words:** *Network, CAN Bus, computer, sensor, electronic module, tractor, working machines.*





UDK: 303.645

## OPTIČKI SENZORI I NJIHOVA PRIMENA NA POLJOPRIVREDNIM MAŠINAMA

Branko Radičević, Đukan Vukić, Đuro Ercegović, Mićo Oljača

Poljoprivredni fakultet – Beograd

**Sadržaj:** U radu su prikazane karakteristike i načini gradnje optičkih senzora, kao i tipične merne šeme sa optičkim senzorima. Kao ilustracija primene optičkih senzora u poljoprivrednoj tehnici obrađeno je merenje zapreminskega protoka očišćenog zrna na samohodnim poljoprivrednim kombajnima pomoću optičkih senzora.

**Ključne reči:** optički senzor, zapreminski protok očišćenog zrna, merenja  
u poljoprivrednoj tehnici

### 1. UVOD

Princip rada optoelektronskih senzora zasniva se na promeni parametara optičkog signala sa promenom merene fizičke veličine. Za razliku od kapacitivnih, otporničkih, elektromagnetskih i piezoelektričnih senzora, optoelektronski senzori nemaju galvanske i magnetne veze, već samo optičke. Optoelektronski senzori se često nazivaju samo optički senzori, pa je ovaj termin korišćen i u ovom radu.

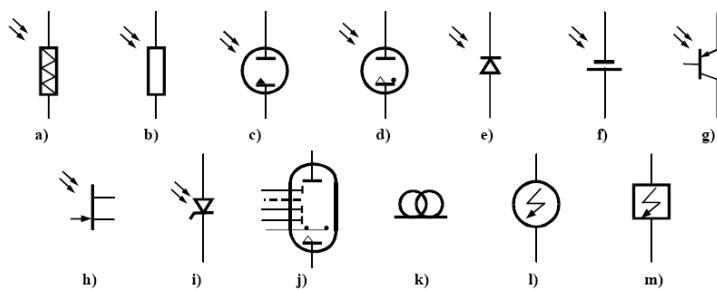
Zahvaljujući optičkom signalu postignuti su: galvansko razdvajanje, jednostavnije šeme priključivanja, kompatibilnost merenja i prenosa signala, zaštita od šumova, mogućnost merenja fizičkih veličina kako u oblasti malih tako i u oblasti velikih vrednosti, standardizacija izlaznog signala, i visok kvalitet statičkih i dinamičkih karakteristika. Optički senzori su u funkcionalnom pogledu fleksibilniji, pouzdaniji i univerzalniji od klasičnih senzora, jer se mogu upotrebiti u svim uslovima delovanja jakog magnetnog polja, visoke temperature, električnih šumova i hemijske korozije. Zbog dobrih osobina optički senzori se koriste u automatskoj regulaciji tehnoloških procesa, poljoprivredi, robotici, avionskoj industriji, vojnoj tehnici, medicini, specijalnim merenjima u elektroenergetici, termotehnici i dr. Mane optičkih senzora se odnose na složenost izrade, obradu signala, osetljivost na mehaničke vibracije, i na relativno visoku cenu, [1][2].

Optički senzori se takođe koriste za merenja mnogih neelektričnih veličina – temperatura, pomeranje, vibracije, pritisak, ubrzanje, ugaona brzina i dr. Primjenjuju se i za merenja električnih veličina, kao što su struja, električno i magnetno polje i dr, [3][4].

Merena fizička veličina dovodi se u vezu sa određenim parametrom optičkog signala (elektromagnetni talas). Ovaj proces predstavlja modulaciju. Opseg frekvencije

nosećeg talasa je:  $10^{13} - 10^{15}$  Hz. Ove mogućnosti samo su delimično iskorišćene, jer moguća širina pojasa modulacije  $10^{12}$  Hz iznosi najviše 0,1% raspoloživog spektra. Glavni parametri optičkog signala su: amplituda, frekvencija, faza, polarizacija i rasejavanje svetlosnog toka, [5].

Na slici 1 prikazane su grafičke oznake za optoelektronske elemente koji se najčešće primenjuju u tehnici senzora.



Slika 1. Označavanje optoelektronskih elemenata: a) opšta oznaka, b) fotootpornik, c) vakuumska fotoćelija, d) gasna fotoćelija, e) fotodioda, f) fotoelement, g) fototranzistor, h) FET-fototranzistor, i) fototiristor, j) fotomultiplikator, k) optičko vlakno, l) optički predajnik, m) optički prijemnik

## 2. MODULATORI I DEFLEKTORI OPTIČKOG SIGNALA

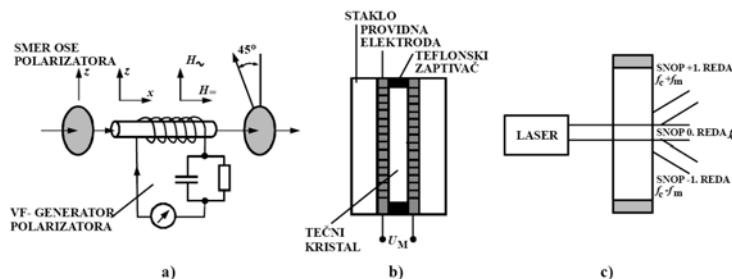
Promena parametara optičkog signala srazmerno amplitudi merene fizičke veličine predstavlja modulaciju tog signala. Upravljanje amplitudom, frekvencijom, fazom, polarizacijom i rasejavanjem realizuje se u modulatoru. Modulatori optičkog signala mogu se podeliti prema: načinu rada i izvedbi. Prema načinu rada razlikuju se integralni modulatori optičkog signala, koji upravljaju vremenskim promenama amplitude signala, i prostorni modulatori, koji upravljaju raspodelom amplitute optičkog zračenja u prostoru. Kada je u pitanju izvedba, razlikuju se optomehanički, optoelektronski i direktni (mehaničkooptički) modulatori.



Slika 2. Optomehanički modulatori: a) integralna modulacija sa jednokanalnim i dvokanalnim diskom, b) disk sa prorezima za prostornu modulaciju

Mehaničkim kretanjem jednog ili više optičkih elemenata ostvaruje se promena optičkog signala optomehaničkim modulatorima. Optički elementi kao što su: ogledala, prizme, leće ili dijafragme sa otvorima pokreću se pomoću specijalnih elektromehaničkih, elektromagnetskih ili piezoelektričnih servomotora. Optomehanički modulatori prostornog tipa omogućavaju razlaganje optičkog polja po nekoj trajektoriji skeniranja. Nedostatak svih optomehaničkih modulatora je njihova veličina (slika 2).

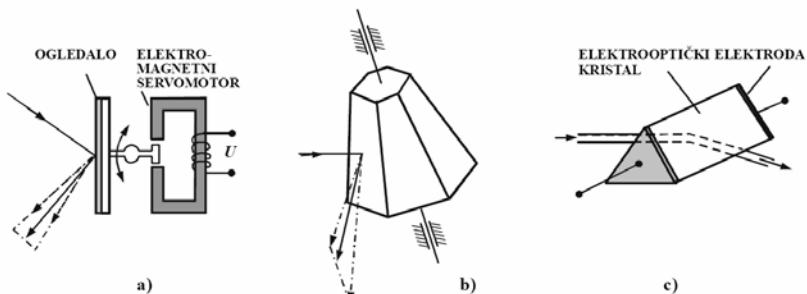
Optoelektronski modulatori koji se primenjuju u gradnji optičkih senzora menjaju parametre optičkog signala pomoću elementa koji menja svoja optička svojstva zahvaljujući delovanju naponskog ili strujnog signala (slika 3). Optički elementi sa ovakvima svojstvima su tečnosti, kristali, poluprovodnički materijali i dr. Budući da optoelektronski modulatori nemaju pokretnih delova, omogućena je visoka frekvencija modulacije čija je gornja granica  $10^5 - 10^8$  Hz. Nedostaci ovih modulatora su velika dužina radne zone  $l$  (kroz koju prolazi optički signal prilikom modulacije) i veliki napon pomoću kojeg se upravlja modulacijom [5].



Slika 3. Optoelektronski modulatori: a) magnetooptički modulator, b) modulator sa dinamičkim rasejanjem svetlosti, c) akustičkooptički modulator

Modulatori na bazi mehaničkooptičkih efekata su direktni modulatori, jer se zbog mehaničkog uticaja merene fizičke veličine menjaju optička svojstva kristala. U ove efekte spadaju: fotoelastični, piezooptički i akustičkooptički efekt.

Deflektori optičkog signala služe za promenu smera prostiranja signala. Razlikuju se optomehanički i optoelektrični deflektori (slika 4). Optomehanički deflektori otklanjaju svetlost pomoću pomičnih ogledala, prizmi, piramida itd.



Slika 4. Deflektori svetlosnog signala: a) i b) optičkomehanički, c) elektrooptički

Elektrooptički deflektori otklanjanju svetlosni signal pomoću opisanih elektrooptičkih i mehaničkooptičkih efekata, na osnovu kojih rade i modulatori. Karakteristike ovih deflektora su mnogo bolje nego optomehaničkih.

Prva faza u gradnji optičkog senzora je izbor optičkog materijala. Vrsta materijala određuje područje talasnih dužina za koje je senzor namenjen. Tehnologija izrade silicijuma za vidljivo i veoma blisko infracrveno područje spektra ( $\lambda = 0,38 - 0,76 \mu\text{m}$ ) je veoma dobro razvijena. Međutim, tehnologija izrade poluprovodnika za infracrveno područje većih talasnih dužina nije ni približno tako razvijena, [8].

### 3. PRINCIPI RADA OPTIČKIH SENZORA

Optički senzori se odlikuju velikom raznovrsnošću, pa se zbog toga njihova klasifikacija može izvesti na osnovu različitih kriterijuma: parametra optičkog signala koji je nosilac merene informacije, fizičkog efekta koji dovodi do promene određenog parametra optičkog signala u zavisnosti od merene fizičke veličine, načina povezivanja senzora i prenosnog medijuma i tipa modulacije.

Na osnovu načina konverzije merene fizičke veličine u mernu informaciju razlikuju se: senzori sa analognom konverzijom, senzori sa konverzijom analognog signala u signal sa promenljivim periodom ili frekvencijom i senzori sa analogno-digitalnom konverzijom, [5].

Izlazni signal optičkih senzora sa analognom konverzijom merene fizičke veličine u mernu informaciju je amplituda električne struje optičkog prijemnika. Ulagana informacija je intenzitet svetlosti ili pozicija na fotoosetljivoj površini prijemnika na koju pada zrak svetlosti konstantnog intenziteta. Pozicija se menja zakretanjem svetlosnog zraka pomoću nekog optičkog elementa (sočiva, ogledala, proreza, prizme itd.), čije je kretanje proporcionalno merenoj fizičkoj veličini. Dalja podela analognih optičkih senzora zavisi od tipa konverzije svetlosti u izlazni električni signal.

Koriste se: senzori sa fotoelektronskom emisijom (spoljašnji fotoefekt), senzori sa efektom fotoprovodnosti (unutrašnji fotoefekt), senzori sa fotonaponskim efektom (fotoelementi), senzori sa promenom otpornosti p-n spoja i senzori sa piroelektričnim efektom.

Izlazni signal kod optičkih senzora sa periodičnim ili frekventnim izlazom je impulsni signal sa promenljivim vremenom trajanja ili sa promenljivom frekvencijom. Impulsi nastaju skeniranjem ulaznog signala. Pretvaranje ulaznog signala u impulse se vrši na bazi linearнog ili nelinearnog elektrooptičkog efekta, magnetooptičkog ili akustičkooptičkog efekta.

Kod optičkih senzora sa analogno-digitalnom konverzijom izlazni signal je kôd koji je proporcionalan promeni analognog ulaznog signala. Senzori sa A/D konverzijom su najperspektivniji optički senzori. Dele se u dve velike grupe. U prvu grupu spadaju senzori sa sekvencijalnim kodiranjem. Opseg merene veličine je skup sastavnih delova (priroda merene veličine) i svakom delu pridružene odgovarajuće jedinice najnižeg cifarskog mesta u kôdu. Računajući priraste, dobija se cifarski ekvivalent merene veličine. Proračun se izvodi na osnovu promene kôda u odnosu na prethodno stanje (inkrementalni koder). U drugu grupu spadaju senzori sa paralelnim kodiranjem, jer se izlazni signal dobija istovremenim očitavanjem vrednosti svih cifarskih mesta (apsoltni koder).

### 4. KARAKTERISTIKE OPTIČKIH SENZORA

Glavne karakteristike optičkih senzora su: Kvantna efikasnost - je mera za svetlosnu snagu koju efektivno apsorbuje fotodetektor (definiše se kao odnos prosečnog broja emitovanih ili proizvedenih elektrona na kontaktima fotodektora i prosečnog broja upadnih fotona); Odzivnost fotodektora - je odnos izlaznog signala (struje ili napona) optičkog senzora i upadne snage zračenja, koji zavisi od talasne dužine svetlosti  $\lambda$ ; Ekvivalentna snaga šuma - je izvedeni parametar koji određuje minimalni iznos optičkog fluksa koji senzor može da detektuje, i zavisi od spektralnih karakteristika upadnog

fluksa, spektralne odzivnosti senzora i frekventne propusnosti prepojačavača (senzor sa manjom vrednošću ekvivalentne snage šuma je bolji); Detektivnost - je recipročna vrednost ekvivalentne snage šuma i direktno je proporcionalna kvalitetu optičkog senzora (da bi se izbeglo specificiranje frekventnog opsega prepojačavača i površine senzora, uveden je i pojam specifične detektivnosti), [1][2][5].

Poznato je da se konverzija svetlosnog fluksa u električni signal ne odvija trenutno. Razlog je u ograničenjima koja se javljaju u procesu detekcije. Glavna ograničenja su: konačno vreme života nosilaca naboja nastalih delovanjem fotona svetlosti, vreme prolaza generisanih naboja elektriciteta kroz materijal senzora je takođe konačno i zavisi od vrste i dimenzije materijala, pojava termičkog kapaciteta kod termičkih (optičkih) senzora (koji se javlja zbog toga što je potrebno izvesno vreme da materijal od kojeg je senzor napravljen promeni temperaturu nakon delovanja optičkog fluksa), frekventna propusnost prepojačavača i pojačavača i konačno modulacija optičkog fluksa koja se provodi skeniranjem ili čopovanjem (kako bi se smanjio šum ili pokrilo vidno polje).

Važno je napomenuti da kao posledica nabrojanih ograničenja, svi prethodno definisani pokazatelji optičkih senzora imaju aperiodsku zavisnost od frekvencije upadnog zračenja  $\omega$ .

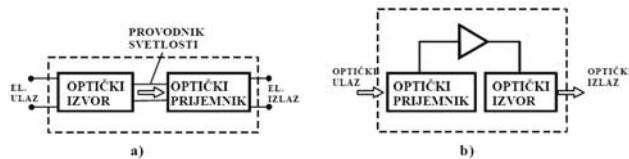
## 5. NAČINI GRADNJE OPTIČKIH SENZORA

Prijemnik kao optički senzor konvertuje optičku energiju u električnu veličinu (struja, napon, otpor, kapacitet ili nanelektrisanje), [5]. Razlikuju se dve velike grupe senzora optičkog zračenja. Senzori prve grupe (kvantni detektori) detektuju optičku radijaciju na bazi fotoelektričnih efekata, koji se manifestuju u stvaranju slobodnih elektrona usled apsorpcije diskretnih vrednosti energije (fotona): 1) fotoemisija - apsorbovani fotoni stvaraju slobodne elektrone, koji napuštaju površinu materijala, 2) fotoprovodnost - apsorbovani fotoni stvaraju slobodne nosioce elektriciteta u materijalu, 3) fotonapon - apsorbovani fotoni na  $p-n$  prelazu stvaraju parove elektrona i šupljina i time menjaju potencijalnu barijeru  $p-n$  prelaza, 4) fotoprelaz - apsorbovani fotoni dovode do promene električnih parametara u elementima kao što su dioda ili tranzistor i 5) fotoionizacija - količina kretanja apsorbovanih fotona dovodi do pojave jona kao slobodnih nosilaca u poluprovodničkom materijalu.

Senzori druge grupe apsorbuju fotone, pri čemu apsorbovana energija dovodi do promene temperature u materijalu od kojeg je napravljen senzor (termički detektori). Najpoznatiji predstavnici ove grupe optičkih senzora su: 1) termistor - temperaturno osjetljivi poluprovodnički otpornik, 2) bolometar - dva termootpornika u diferencijalnom spoju koji mere promenu temperature proporcionalne ukupnom upadnom zračenju, 3) termopar - dva različita materijala spojena na jednom kraju (koji je izložen radijaciji) generišu elektromotornu silu u voltima ( $ems$ ) na otvorenom kraju koji je van dometa radijacije i nalazi se na referentnoj temperaturi, 4) piroelektrični senzor - temperaturno osjetljivi kapacitivni senzor sa piroelektričnim materijalom između elektroda, 5) Golejeva ćelija – je pneumatski senzor (gasni termometar) gde apsorbovana optička energija dovodi do promene pritiska u ćeliji.

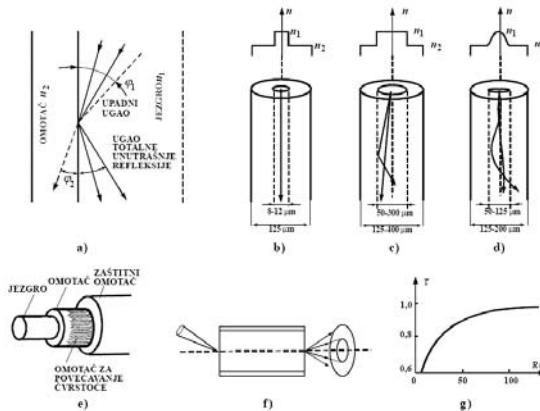
Optički senzori prve grupe imaju uži frekventni spektar, veću osjetljivost i brže vreme odziva. Postoji i treća grupa optičkih senzora, koji nemaju električni izlaz, kao što su: fotohemski, fotoplastični, fotohromatski i luminiscentni optički senzori.

Kao izvori svetlosti kod optičkih senzora najčešće se primenjuju LED-diode i laserske diode (LD). Zajedničko im je da emitovanje fotona nastaje prelaskom elektrona sa višeg na niži energetski nivo (sa prelaskom iz provodne u valentnu zonu). Dok se kod lasera radi o stimulisanoj emisiji, kod LED-dioda je u pitanju spontana emisija. Zbog toga laser ima manju vremensku konstantu, daje snažniji optički signal sa užim frekventnim sadržajem, ali zbog impulsnog režima ima slabije pokazatelje pouzdanosti. Za praktičnu primenu u tehnici senzora povoljnije su LED-diode zbog linearnej karakteristike. Svetlost koju zrače LED-diode i laserske diode treba da bude koherentna, tj. određene talasne dužine.



Slika 5. Struktura optičkog para: a) unutrašnje veze su optičke, a spoljašnje električne, b) unutrašnje veze su električne, a spoljašnje optičke

Optički parovi kao senzori sastoje se od tri dela: izvora, prijemnika optičkog zračenja i prenosnog medija. Između izvora i prijemnika veze su optičke ili električne (slika 5).

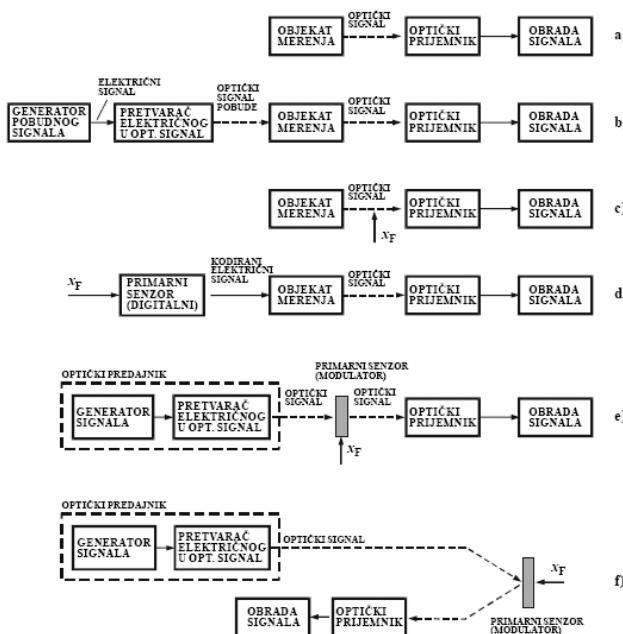


Slika 6. Optičko vlakno: a) totalna refleksija, b) monomodno vlakno sa stepenastom promenom indeksa prelamanja svetlosti, c) multimodno vlakno sa stepenastom promenom indeksa prelamanja, d) multimodno gradijentno vlakno, e) struktura vlakna, f) simetrizacija snopa, g) provođenje svetlosti savijenog vlakna

Optičko vlakno je dielektrični provodnik svetlosti, napravljen od stakla ili akrilata. Sastoji se od jezgra, omotača i elastičnog zaštitnog omotača. Tipične debeljine jezgra su  $8 - 250 \mu\text{m}$ , a omotača  $125 - 400 \mu\text{m}$ . Kada svetlosni zrak dođe na graničnu površinu jezgro-omotač, jedan deo zraka se reflektuje, a drugi prolazi u omotač. Prelamanje svetlosti na granici dveju sredina opisuje Snelov zakon:  $n_1 \sin \varphi_1 = n_2 \sin \varphi_2$ . Sa smanjivanjem upadnog ugla  $\varphi_1$ , ugao  $\varphi_2$  teži nuli i za  $\varphi_1 \leq \arcsin(n_2/n_1)$  svetlosni zrak ne prelazi u omotač već se u celosti reflektuje.

Neophodan uslov je da indeks prelamanja svetlosti jezgra  $n_1$  bude veći od indeksa prelamanja omotača:  $n_1 > n_2$ . Efekat totalne unutrašnje refleksije je osnova propagacije svetlosti kroz optičko vlakno (slika 6).

Optička vlakna sve više se upotrebljavaju u sistemima komunikacija. Glavni razlozi su sledeći: mali gubici u prenosu i mogućnost prenosa širokog opsega frekvencija; velika stabilnost parametara i neosetljivost na delovanje spoljašnjih smetnji (vlaga, temperatura i hemijska agresija sredine); ne provode električnu struju, pa nema pojave elektromagnetne indukcije i smetnji koje ona izaziva; odlična izolacija, pa su neosetljivi na delovanje razlike potencijala, što omogućava primenu u eksplozivno opasnom prostoru (svojstvo samosigurnosti); povoljne mehaničke osobine (tanki, laki i elastični); praktično neograničeni resursi materijala za proizvodnju, [9].



Slika 7. Senzori sa primenom optičkog vlakna: a) senzori sa direktnim prijemom optičkog signala, b) senzori sa optičkim pobudivanjem, c) senzori sa neposrednom modulacijom svetlosti u optičkom kablu, d) senzor sa pomoćnom konverzijom merene veličine, e) senzor sa pomoćnom konverzijom u funkciji modulacije intenziteta svetlosti, f) senzor sa pomoćnom konverzijom u funkciji modulacije refleksije svetlosti

Kroz vlakno se svetlost može prostirati na više načina (modova). Monomodna vlakna podržavaju prostiranje samo jednog – osnovnog moda. Takva vlakna imaju manji prečnik jezgra, a kao izvor svetlosti primenjuje se laserska dioda. Za multimodnu propagaciju svetlosti upotrebljavaju se vlakna sa većom debljinom jezgra ( $50 - 300 \mu\text{m}$ ), a kao izvor svetlosti LD ili LED-diода. Podaci su sistematizovani u tabeli 1.

Zbog svojih dobrih karakteristika optička vlakna predstavljaju glavne elemente u specijalnim senzorima za praćenje akustičkih i magnetnih veličina, temperature, pritiska, brzine, ubrzanja itd., [4][7].

Senzori na bazi optičkog vlakna su interferometarski (merena fizička veličina izaziva interferencijske efekte) ili amplitudni (merena fizička veličina modulira intenzitet svetlosti). Za praktične potrebe prihvatljivija je podela prema načinu detekcije i merenju fizičke veličine. Senzori sa primenom optičkog vlakna su prikazani na slici 7.

*Tabela 1. Karakteristični podaci za pojedine tipove optičkih vlakana*

Vrsta vlakna	Propusni opseg [GHz km]	Dimenzije jezgra [ μm ]	Materijal jezgra	Materijal omotača
Multimodna vlakna sa skokovitom promenom indeksa prelamanja	0,005 – 0,02	50 - 1000	Kvacno staklo	Plastika
Multimodna gradijentna vlakna	0,4 – 1,0	50	Multikomponentno staklo	Kvacno staklo
Monomodna vlakna	50 - 100	2 - 10	Kvacno staklo	Kvacno staklo

## 6. MERNE ŠEME SA OPTIČKIM SENZORIMA

Najčešće korišćene merne šeme su: šeme sa optičkim prijemnicima, sa optičkim izvorima i sa optičkim parovima, [5].

### Merne šeme sa optičkim prijemnicima

Za optičke prijemnike sa unutrašnjim fotoefektom, tj. za fotootporne najčešće se primenjuju šeme sa otporničkim deliteljem ili sa elektronskim tranzistorom.

Optički prijemnici sa spoljašnjim fotoefektom su vakuumske cevi. Fotokatoda generiše struju slobodnih elektrona proporcionalno delovanju svetla. Svetlosni fluks koji dolazi do optičkog prijemnika veoma je mali, pa je osnovni zadatak mernih uređaja da omoguće pojačanje izlaznog signala. Od optičkih prijemnika zahteva se visoka osetljivost, nizak šum i vremenski i temperaturno stabilne karakteristike. Najpovoljnije osobine u navedenom pogledu imaju fotomultiplikatori, optički prijemnici koji vrše interno pojačanje fotostruje, pre nego što struja dođe u spoljašnje kolo. Njihovo glavno svojstvo je da imaju malu vremensku konstantu i stoga se primenjuju kao detektori impulsa svetlosti u subnanosekundnom području.

Fotodiode se često koriste u mernim šemama sa prijemnicima na bazi fotonaponskog i fotokonduktivnog efekta.

### Merne šeme sa optičkim izvorima

Kao optički izvori u tehnici se najviše primenjuju poluprovodničke LED-diode i LD-diode. Kod njih se direktna modulacija svetlosti postiže promenom upravljačke struje. Prilikom projektovanja šema polazi se od statičke karakteristike: snaga optičkog izlaza – ulazna struja, koja je data u dokumentaciji proizvođača.

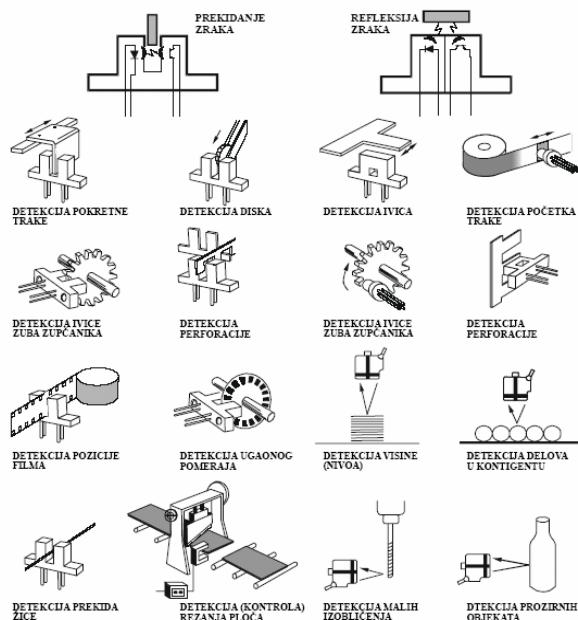
U ovim šemama se koristi osobina da kada je LED-dioda propusno polarizovana, ona emituje svetlost. LED-diode su pogodne za jednostavne svetlosne indikatore, ali i za displeje sa velikim brojem LED-diода, tako da se može upisivati i prikazivati tekst, grafički simboli i animacije.

Kod šema sa laserskim diodama koristi se njihovo svojstvo da svetlost nastaje spontanom emisijom kada je direktna struja manja od struje praga. Tada se laserska dioda ponaša kao obična LED-dioda. Kada direktna struja postane veća od struje praga (tipično oko 0,2 A), dolazi do stimulisanog zračenja, za koje je karakteristično sužavanje po spektru i po prostornom uglu. Da bi dioda radila kao laser, direktna (radna) struja mora biti veća od struje praga, ali manja od maksimalno dozvoljene struje. Laserska dioda se tipično isporučuje kao čip sa ugrađenom fotodiodom za monitoring.

### **Merne šeme sa optičkim parovima**

Na slici 8 date su tipične primene optičkih senzora na bazi LED-dioda kao predajnika i fototranzistora kao optičkog prijemnika. Radni predmet se detektuje prekidanjem ili refleksijom optičkog signala. Senzor radi kao prekidač pošto je njegov izlaz logička jedinica ili logička nula, zavisno od blizine objekta (ovi senzori se zovu i prekidački senzori). Svetlost se obično ne emituje kontinualno već u impulsima velike snage, ali tako da je srednja snaga impulsa u granicama dozvoljenog opsega koji se definiše za kontinualni rad. Tako se postiže veći put od predajnika do prijemnika. Za LED diodu ovaj put je ograničen na nekoliko metara, a za LD diodu iznosi više desetina metara.

Veoma je važno razmotriti povezivanje optičkih izvora tipa LED-dioda i LD-dioda sa optičkim vlaknom radi slanja optičkog signala do prijemnika. Površina sa koje LD zrači svetlost je eliptične forme, približnih razmara  $0,5 \times 10$  mm i uglom usmerenosti od  $10^\circ$ . Zbog toga je potrebno prilikom priključivanja ovih izvora na optičko vlakno obezbediti odgovarajuće fokusiranje svetlosnog zraka. Za optička vlakna najpogodniji su izvori svetlosti talasnih dužina  $0,85 - 1,3\mu\text{m}$ .



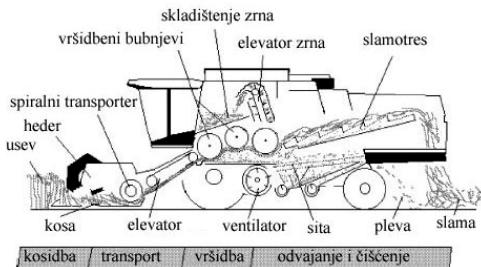
Slika 8. Primena optokaplera sa prekidanjem i refleksijom zraka

## 7. PRIMENA OPTIČKIH SENZORA NA POLJOPRIVREDNIM MAŠINAMA

Optički senzori nalaze sve veću primenu u poljoprivrednoj tehnici. U ovom poglavlju data je kratka analiza primene optičkih senzora na poljoprivrednim kombajnima.

Proučavanja tehnologije rada senzora na poljoprivrednim kombajnima se ubrzano odvijaju. Mesta na kombajnima na kojima se ovi senzori postavljaju definisani su u zavisnosti od merene veličine i procesa na kombajnu u kome se ona generiše.

Broj obrtaja vratila bubenja, elevatora hedera, kolenastog vratila slamotresa i vratila elevatora zrna, tj. njihove ugaone brzine, često se na kombajnima mere pomoću optičkih senzora (slika 9). Ukoliko pri radu dođe do preopterećenja pojedinih vratila, a samim tim i do pada njihovog broja obrtaja, na ekranu bord monitora pojaviće se odgovarajuća signalizacija.



Slika 9. Tehnološka šema žitnog kombajna

Sledeća primena optičkih senzora je merenje zapreminskega protoka zrna žitnih kombajna. Zapremina zrna se meri dok materijal (zrno) prolazi preko senzora tokom fiksног vremenskog intervala ili se meri vreme potrebno da poznata zapremina zrna prođe preko senzora. Da bi se zapremski protok preračunao u maseni, potrebno je poznavati gustinu materijala (gustina zavisi od vrste zrna i uslova odgajanja). Da bi se dobili što tačniji podaci pri merenju, gustina se mora meriti za svako polje ponaosob ili se mora izvršiti više merenja na istom polju, [6].

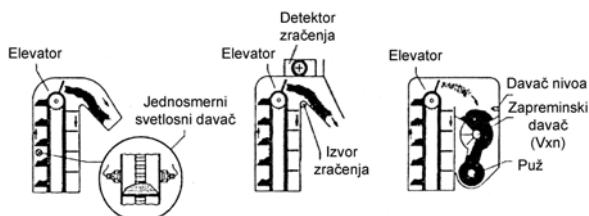
Indirektno merenje zapreminskega protoka zrna pomoću optičkih senzora (svetlosni predajnik i prijemnik) koji mere visinu količine zrna na lopatici elevatora, tako što prijemnik konstatiše prekid svetlosnog zraka usled prisustva materijala čija se visina meri. Koristeći podatak o registrovanoj visini, procenjuje se ukupna zapremina zrna na lopaticama. Pošto je poznat podatak o brzini elevatora, računa se zapremski protok. Istovremeno sa preračunavanjem zapremine u masu, senzor vrši i preračunavanje visine u zapreminu. Ova metoda je prikazana na slici 10.

Zapremina zrna s obzirom na visinu nije uvek ista iz sledećih razloga:

- Asimetričnog dovođenja materijala iz transportera na elevator;
- Promene oblika zrna na lopaticama usled promene nagiba elevatora (u pravcu kretanja i upravno na njega);
- Promene oblika zrna usled promene osobina trenja zrna u zavisnosti od sadržaja vlage, vrste zrna i dr.

Varijanta koja se često koristi kod ovog merenja je da se i predajnik i prijemnik postave pored elevatora i ovakav sistem je jednodimenzionalni. Na poprečnom nagibu od 11% prilikom testiranja razlika između procenjene i stvarne zapremine pri velikim

protocima iznosila je nešto manje od 13%. Postavljanjem dva senzora sa svake strane elevatora (korišćenjem dvodimenzionalnog sistema) dobili su se bolji rezultati. Ravnomernim raspoređivanjem zrna po lopaticama dobili bi se još bolji rezultati. Zbog postojanja vibracija elevatora površina zrna je bila ravnija bliže vrhu elevatora, ali je postavljanje senzora bilo mnogo teže. Postavljanjem sistema predajnik – prijemnik sa boljom rezolucijom takođe se mogu poboljšati rezultati testiranja.



Slika 10. Merenje gubitaka zrna optičkim putem, pomoću kola sa lopaticama

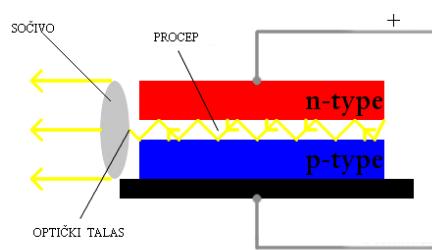
Kada zrno napusti elevator kod merenja pomoću kola sa lopaticama, zrno se odbacuje na jednu ćeliju ovog kola. Kada se ona napuni, točak se okrene i sledeća ćelija se puni. Pošto je zapremina ćelije poznata i kada je poznat broj obrtaja kola može se izračunati zapreminska protok. Problem pri ovom merenju je potreba diskretnog merenja, pošto se kolo ne okreće kontinualno. Takođe, moguća je i obstrukcija mašine kada se senzor ošteti. Kada se kolo zaguši, protok zrna kroz elevator je blokiran, što prouzrokuje oštećenje elevatora. Signal optičkog senzora za merenje zapremskog protoka može sadržati izvesnu količinu šuma, koja može da utiče na tačnost merenja.

Primena optičkih senzora je neophodna na savremenim sistemima za upravljanje poljoprivrednim mašinama. Laserski sistemi upravljanja na poljoprivrednoj mahaničaciji kao sastavni deo sistema imaju optičke prijemne senzore najčešće u vidu fotodioda.

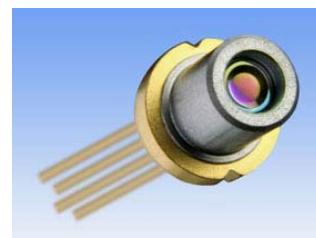
Generalno laserski sistemi upravljanja sastoje se iz dve osnovne komponente i to:

- emitera laserskog zraka
- prijemnih senzora (optičkih senzora).

Emitere laserskog zraka u slučaju pomenutih sistema upravljanja najčešće predstavljaju poluprovodnički laser. Poluprovodnički laser (Sl.1.) je uređaj za emitovanje optičkog talasa baziranog na stimulisanoj emisiji fotona pri prelazima elektrona u poluprovodniku sa višeg na niži energetski nivo, tj. sa prelaskom iz provodne u valentnu zonu. Najčešći tip poluprovodničkih lasera su laserske diode (Sl.2.).

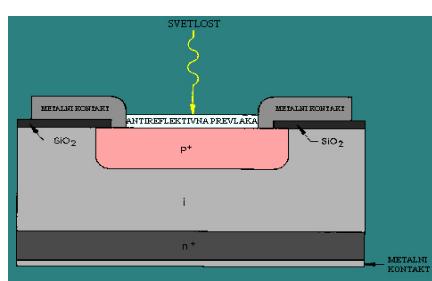


Slika 11. Šematski prikaz poluprovodničkog lasera



Slika 12. Laserska dioda

Prijemne senzore čine foto diode (Sl.3.), koje funkcionišu na principu konverzije optičke energije u električnu veličinu. Foto dioda reaguje na pojavu svetlosti generišući električnu energiju. Fotoni izbijaju elektrone iz orbita u oblasti spoja poluprovodničkih elemenata što je uzrok pojave električne struje. Ovako generisna električna energija predstavlja izlazni signal iz senzora koji nakon pojačanja u pojačivaču registruje računarska jedinica.



Slika 13. Šematski prikaz foto diode



Slika 14. Razni oblici foto dioda

Primer jednog laserskog sistema upravljanja je primjenjen na univerzalnom žitnom kombajnu klase Lexion (Sl.5.) i uglavnom predstavlja dopunski deo opreme, koji se ugrađuje u zavisnosti od želje kupca. Komercijalni naziv ovog laserskog uređaja za upravljanje je laserski pilot uređaj ili laser pilot.



Slika 15. Izgled i položaj laserskog sistema Laser pilot na kombajnu Lexion 580

Tehničko rešenje je prvi put predstavljeno na univerzalnom žitnom kombajnu Class Lexion 480. Sistem se sastoji iz kontrolnog i izvršnog dela.

Kontrolni deo ovog automatskog laserskog sistema nalazi se na bočnim stranama hedera univerzalnog žitnog kombajna i sastoji se od emitera laserskog zraka i prijemnog senzora (Sl.1.). Emiter laserskog zraka emituje isprekidani, nevidljivi (infracrveni) laserski zrak, frekvencije 60 MHz, pri čemu se emiter neprestano pomera na levo i desno za 6° u odnosu na vertikalnu osu pokrivajući na taj način željenu radnu zonu (Sl.6.).



Slika 16. Zona dejstva laserskog sistema

Nepožnjevene stabljičke i strnjika različito reflektuju ovaj laserski zrak. Prijemni senzor registruje reflektovani laserski zrak i meri vremensku razliku od trenutka odašiljanja do trenutka prijema svetlostnog pulsa. Na ovaj način se precizno meri rastojanje između vrha nepožnjevene stabljičke i prijemnog senzora i vrha strnjike i prijemnog senzora, a mesto gde se javi razlika u rastojanju predstavlja granicu između požnjevenog i nepožnjevenog dela parcele.

Računarska jedinica sistema, kontinuirano prati rezultate merenja prijemnog optičkog senzora i u zavisnosti od položaja ivice hedera i utvrđene granice između požnjevenog i nepožnjevenog dela parcele, daje komandu izvršnom delu sistema o neophodnim korekcijama pravca kretanja mašine. Skeniranje površine parcele se vrši tri puta u sekundi.

Izvršni deo sistema je hidrostaticki upravljački sistem kombajna, kojim u slučaju aktiviranog sistema Laser Pilot upravlja računarska jedinica preko motora (step tip) instaliranog na vratilu upravljača.

Prednosti upotrebe ovog laserskog sistema su brojne, od kojih su najvažnije:

- bitno smanjenje angažovanosti rukovaoca mašine,
- znatno povećanje učinka rada zbog smanjenjenog preklapanja prohod,
- optimalno iskorišćenje radnog zahvata hedera,
- mogućnost primene ovog sistema u raznim eksploracionim uslovima (povećana brzina, smanjena vidljivost).

## 8. ZAKLJUČAK

Senzori koji omogućavaju lako prikupljanje prostornih i vremenskih podataka čine osnovni element precizne poljoprivredne proizvodnje. Optički senzori se sve više koriste u savremenoj tehnici. U funkcionalnom pogledu optički senzori su fleksibilniji, pouzdaniji i univerzalniji od klasičnih senzora, jer se mogu upotrebiti u svim uslovima delovanja jakog magnetnog polja, visoke temperature, električnih šumova i hemijske korozije. Iako imaju relativno visoku cenu i prilično su složene izrade, zbog mnogobrojnih dobrih osobina, optički senzori se uveliko koriste u automatskoj regulaciji tehnoloških procesa, robotici, avionskoj industriji, vojnoj tehnici, medicini, specijalnim merenjima u elektroenergetici, termotehnici i sve više i u poljoprivredi. Optički senzori su posebno pogodni za merenja mnogih neelektričnih veličina (temperatura, pomeranje, vibracije, pritisak, ubrzanje, ugaona brzina i dr.). Primjenjuju se i za merenja električnih veličina, kao što su struja, električno i magnetno polje itd.

U radu je prikazana primena optičkih senzora za merenje broja obrtaja vratila bubnja, elevatora hedera, kolenastog vratila slatomresa i vratila elevatora zrna na žitnom kombajnu. Takođe je analizirana i primena optičkih senzora za indirektno merenje zapreminskog protoka zrna na žitnim kombajnima.

## LITERATURA

- [1] Shizhuo Yin, Paul B Ruffin, Francis T S Yu, *Fiber Optic Sensors*, CRC Press, 2008.
- [2] K T V Grattan, B T Meggitt, L S Grattan, *Optical Fiber Sensor Technology*, Kluwer Academic Publishers, 1999.
- [3] J. Webster, *Instrumentation and Sensors Handbook*, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin, USA, 1998.
- [4] D. Stanković, *Fizičko-tehnička merenja*, Univerzitet u Beogradu, Beograd, 1997.
- [5] M. Popović, *Senzori i merenja*, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 2004.
- [6] D. Marković, M. Veljić, Z. Krejić, *Merni sistemi na samohodnim poljoprivrednim kombajnima*, Poljoprivredna tehnika, Vol. 30, br. 4, p.p. 35-46, Beograd, 2005.
- [7] Đ. Vukić, *Osnovi elektrotehnike i električnih merenja*, Poljoprivredni fakultet, Beograd, 2004.
- [8] D. Milatović, *Optoelektronika*, Svjetlost, Sarajevo, 1987.
- [9] A. Marinčić, *Osnovi optoelektronskih telekomunikacija*, Gradevinska knjiga, Beograd, 1986.

Rad je rezultat istraživanja u okviru realizacije projekta „Efekti primene i optimizacije novih tehnologija, oruđa i mašina za uređenje i obradu zemljišta u biljnoj proizvodnji“, evidencionog broja TR 20092, koga finansira Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

## OPTICAL SENSORS AND THEIR APPLICATION TO AGRICULTURAL MACHINES

**Branko Radičević, Đukan Vukić, Đuro Ercegović, Mićo Oljača**  
*Faculty of Agriculture – Belgrade*

**Abstract:** In this paper are presented the characteristics and modes of construction of optical sensors, as well as typical measuring schemes with optical sensors. As an illustration of the application of optical sensors in agricultural machines, an analysis is performed of the measurement of the volumetric flow of the cleaned grain on automotive agricultural combine harvesters, by means of optical sensors.

**Key words:** *optical sensor, volumetric flow of the cleaned grain, measurements in agricultural machines.*



UDK: 631.331

## RAZVOJ REŠENJA ZA SOFTVERSKO UPRAVLJANJE BRZINOM SETVENIH PLOČA SEJALICA

**Dragan Marković, Milan Veljić, Vojislav Simonović**

*Mašinski fakultet - Beograd*

**Sadržaj:** Setveni aparati sejalice za okopavinu pogonjeni su od točka sejalice preko mehaničkih prenosnika, što se odražava na masu sejalice, cenu i način regulisanja. U radu su analizirane mogućnosti korišćenja kontaktnog prekidača za indikaciju radnog režima, induktivnog davača blizine (proximity switch) za merenje brzine sejalice i elektromotora za pogon setvenih ploča. Razmatran je merni sistem i mogućnost generisanja upravljanja pomoću programabilnog logičkog kontrolera. U ovom radu su date opšte preporuke za montažu navedenih hardverskih komponenti potrebnih za realizovanje navedenog algoritma upravljanja.

**Ključne reči:** *setvena ploča, kontaktni prekidač, induktivni davač blizine, elektromotor, programabilni logički kontroler.*

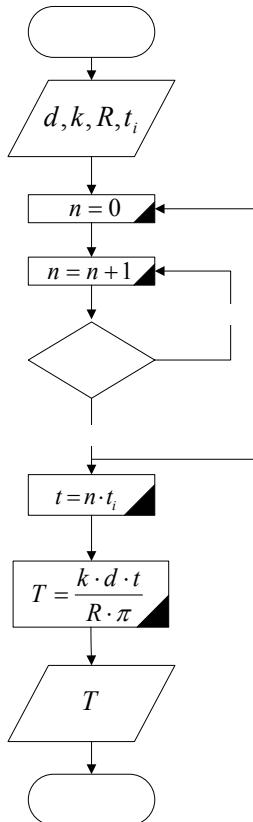
### UVOD

Ocena kvaliteta rada sejalice ocenjuje se kroz ispunjavanje zahteva koji se odnose na ostvarivanje željene norme setve, osiguravanje ujednačenog rastojanja posejanog semena u redu. Ostvarivanje međusetvenog rastojanja postiže se promenom ploča sa odgovarajućim brojem i otvora i promerom brzine rotacije ploča što se postiže promenom prenosnog odnosa od pogonskog točka sejalice do setvene ploče. Postojeće sejalice pneumatskog tipa opremljene su mehaničkim prenosnicima. Dominiraju prenosnici lančanog tipa i kardanskim prenosnicima sa mogućnosti promene prenosnog odnosa. Norma setve, odnosno medjusetveno rastojanje se ne menja sa promenom brzine kretanja sejalice što uslovjava i primenu pogona od pogonskog točka sejalice.

Nezavisan pogon od točka sejalice, preko priključnog vratila traktora i odgovarajućeg prenosnika doveo bi do promene broja obrtaja setvenih ploča sa promenom brzine traktora, što se odnosi i na ugradnju elektro za pogon setvenih ploča. Za takve slučajeve potrebno je utvrditi trenutnu brzinu kretanja agregata traktor - sejalica i određenim upravljačkim sistemom postići da norma setve i međusetveno rastojanje ostanu konstantni i pri promeni brzine. Ovakvim sistemom upravljanja bila bi omogućena i promena norme setve u širokim granicama adekvatnim elektrosistemom bez menjачkih prenosnika, što bi uticalo na kvalitet setve i cenu sejalice.

## MATERIAL I METOD RADA

Na točku sejalice moguće je predvideti cilindrični ispust u vidu izbočine koja bi predstavljala reper pri merenju broja obrtaja točka sejalice. Srednja brzina se izračunava kao količnik obima točka i izmerenog vremenskog intervala koji karakteriše taj period merenja. Tako dobijena brzina sejalice koristi se za izračunavanje potrebne brzine rotacije setvene ploče, s tim što se na kraju svakog vremenskog intervala manifestovanog prolaskom repera pored senzora dobija nova informacija o srednjoj brzini sejalice na tom intervalu. Ona se koristi u toku sledećeg perioda vremena za upravljanje brzinom rotacije setvene ploče, to jest za određivanje vremena posle kojeg treba zarotirati ploču da bi se ostvarila ekvidistantnost semena u brazdi i pri promenljivoj brzini sejalice. Navedena logika upravljanja brzinom setvene ploče manifestovana u generisanju vremena posle koga je potrebno zakretati setvenu ploču, prikazana na algoritmu na slici 1.



Sl. 1. Blok dijagram algoritma za upravljanje brzinom obrtanja setvene ploče [4]

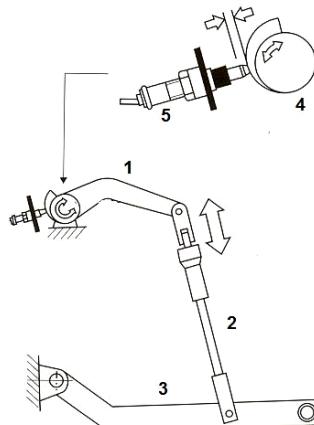
Istraživanja sprovedena u ovom radu bila su usmerena na tehničko ostvarivanje hardvera za merenje potrebnih veličina i na softversku realizaciju programa koji bi ostvario postavljeni algoritam.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Kontaktni prekidač se aktivira mehanički sa manipulativnom polugom. Moguće ga je postaviti na nekoliko mesta, na traktoru i na samoj sejalici. Na primer, može biti postavljen u kabini traktora kojim bi upravljao sam rukovaoc traktorom u smislu da ga aktivira svaki put kad započne novi prohod odnosno aktivan hod po parseli.

Automatski prekidač je moguće postaviti u nekoliko tačaka na uređaju za priključivanje oruđa za traktor, i to u blizini klipnjače hidrauličnog cilindra za podizanje poluga traktora ili u blizini samih poluga, kao što je: podizno vratilo, podizno rame ili donje poluge. U ovim slučajevima bi trebalo isplanirati opremanje navedenih poluga bregastim dodacima koji bi aktivirali prekidač pri spuštanju sejalice ukoliko je prekidač normalno otvorenog tipa. Izgled montaže prekidača na podizno rame prikazan je na sl. 2.

Poslednja predviđena mogućnost za postavljanje kontaktnog prekidača je na sejalici i to na osloni točak sejalice tako da se prekidač aktivira kada se sejalica spusti na podlogu i konstrukcija optereti točak.



Sl. 2. Šema postavljanja kontaktnog senzora:

1 - podizno rame, 2 - podizna poluga, 3 - donja poluga, 4 - bregasti ispuštač, 5 - kontaktni senzor [2]

Da bi se upravljalo brzinom setvenih ploča potrebno je najpre izmeriti brzinu traktora sa sejalicom. Ova brzina je prenosna, a brzina setvene ploče je relativna i zavisi upravo od prenosne. Zato je neophodno znati prenosnu brzinu, te ovaj signal kao ulaznu brzinu uvesti u upravljački organ (programabilni logički kontroler-PLC) koji generiše izlazni signal za upravljanje brzinom obrtanja setvenih ploča preko izvršnog organa upravljanja.

Za sejalice pri radu, brzinu je najpogodnije meriti pri samom točku sejalica. U tom slučaju moguće je koristiti inkrementalni enkoder ili induktivni davač blizine (proximity switch).

Pomoću inkrementalnog enkodera meri se brzina i ugao zaokretanja setvenih ploča i to sa rezolucijom i do 1/1500 po obrtu. Međutim, primena inkrementalnog enkodera na sejalicama je do sada uglavnom bila samo teorijska, dok bi za širu praktičnu primenu bilo potrebno izvršiti takvu montažu koja bi štitila enkoder od vibracija koje krajnje nepovoljno utiču na preciznost merenja. Takođe, u cilju veće preciznosti treba izvršiti i zaštitu od prašine i nečistoća.

Induktivni davači su po prirodi senzori mnogo robusnije konstrukcije, te su kao takvi mnogo prilagodljiviji potrebama i uslovima koji vladaju pri radu u kontaktu sa česticama zemljišta. Ovi senzori funkcionišu po principu indukovana metalnih predmeta te je neophodno dodatno opremiti samu sejalicu u vidu izbočina koje se postavljaju na samom točku. Jedan od načina je postavljanje vijaka po obodu točka sejalice na podjednakom radijusu od osovine. Broj repera diktira i rezoluciju merenja. Veći broj repera povlači veću rezoluciju. Međutim, kako je praktično nemoguće postići rezoluciju kao pri korišćenju enkodera, to je dovoljno postaviti i jedan reper na obodu točka, a sam senzor učvrstiti aksijalno u odnosu na njega tako da se pri prolasku repera pored senzora indukuje po jedan impuls. U tom slučaju, svaki impuls odgovara jednom obrtu, a manjak rezolucija se kompezuje softverski. Odziv sistema u smislu upravljanja je uvek bolji kada postoji više repera po obodu i kada je svaki obrt manifestovan sa više vremenskih intervala. Ipak, pošto se brzina pri setvi kreće u intervalu 5-8 km/h, onda se postiže sasvim zadovoljavajući kvalitet upravljanja i korišćenjem samo jednog repera po obodu.

Upravljanje brzinom setvne ploče predviđeno je da se ostvaruje pomoću programabilnog logičkog kontrolera odgovarajućih performansi među kojima je najznačajnija visoka frekvencija skeniranja programa.

Izvršni organ u sistemu upravljanja brzinom setvne ploče mogao bi biti elektromotor čiji bi zadatak bio da rotira setvenu ploču za određeni ugao posle predviđenog vremena koje se softverski proračunava u centralnoj procesorskoj jedinici kontrolera.

Signal o brzini mašine vodi se u programabilni logički kontroler (PLC) koji se sastoji od četiri modula. Važno je napomenuti da se PLC korišćen za programiranje hardverski razlikuje od onoga koji se realno može koristiti u praksi, ali da je programiranje izvršeno prema realnim uslovima.

Prvi modul predstavlja napojnu jedinicu koja služi za konvertovanje mrežnog napona u jednosmerni stabilisani napon koji je neophodan za siguran rad PLC i eksterni napon koji služi za napajanje drugih potrošača. Sam modul je realizovan kao prekidačko napajanje sa galvanskom izolacijom. Na prednjoj strani modula nalaze se LED diode kao indikacija ispravnosti ulaznih napona, konektor za konekciju na mrežni napon i konektor za eksterni napon. U okviru ovog modula nalazi se EBUS konektor preko koga se napajaju ostali moduli jednosmernim stabilisanim naponom od 8-24VDC. Ovaj napojni modul sadrži i zaštitu od kratkog spoja, strujna zaštita, temperaturna zaštita i soft start.

Centralni procesorski modul izvršava upravljački program, upravlja IO modulima i komunicira sa nadređenim sistemom. U okviru ovog modula nalazi se konektor za serijsku komunikaciju sa random stanicom ili drugim CPU modulom, kružni preklopnik za određivanje adrese PLC-a u mreži kao i LED indikacije ispravnosti rada modula i konektor za povezivanje eksternog napajanja. Kao radna stanica za programiranje i testiranje koristi se PC računar, a programiranje se vrši u LD jeziku u skladu sa IEC 1131-3.

Digitalni ulazno/izlazni modul ima 8 digitalnih ulaza 24VDC sa zajedničkim krajem i 8 tranzistorских izlaza. Prva dva digitalna ulaza mogu se koristiti kao brojački. Poslednji modul je pridodat u svrhu napajanja prethodnog.

Upravljanje u ovakovom sistemu ostvaruje se pomoću programabilnih logičkih kontrolera, pa je stoga nemoguće meriti vreme kontinualno, već isključivo diskretno. Upravo zbog toga potrebno je obezbediti da kontroler poseduje što bolje karakteristike u smislu da vreme trajanja ekvidistantnih impulsa koje generiše sat programera bude što

bliže nuli. Broj tih impulsa n koji proteknu između dva prolaska repera naspram senzora pomnožen sa vremenom trajanja jednog impulsa  $t_i$  određuje vremenski interval  $t$  koji se koristi za izračunavanje srednje brzine na tom intervalu (ukoliko je na obodu točka sejalice postavljen samo jedan vijak onda je to ujedno i vreme jednog obrta točka):

$$t = n \cdot t_i$$

Drugi deo zadatka koji treba realizovati kroz algoritam je definisanje vremena posle kojeg je potrebno zarotirati setvenu ploču. Ako se želi ostvariti određeno i tačno definisano rastojanje semena pri setvi, onda je vreme između dva pokretanja setvene ploče:

$$T_i = \frac{k \cdot d \cdot t_{j-1}}{R\pi}$$

gde je:

- $T_i$  – vreme posle kojega elektromotor obrće ploču za zadati ugao,
- $k$  – broj repera,
- $d$  – međusetveno rastojanje,
- $t_{j-1}$  – vremenski interval između dva repera u prethodnom odbrojavanju,
- $R$  – prečnik točka.

Vreme posle kojeg elektromotor obrće ploču podložno je promeni i uvek se iznova uspostavlja na kraju svakog vremenskog intervala potrebnog za prolazak repera naspram senzora, pri čemu može ostati nepromenjeno ukoliko je kontroler konstatovao da je pri novom i starom periodu merenja odbrojan isti broj impulsa između trenutaka prolaska vijaka kraj senzora.

Sam reper poseduje određenu dimenziju, pa ga senzor registruje celom dužinom tog prečnika prilikom prolaska vijka naspram senzora. Zato je potrebno definisati da kontroler vremenske intervale meri između uzlaznih ili između silaznih ivica impulsa koji određuju aktiviranje/deaktiviranje senzora već prema tome da li senzor blizine podešen kao normalno otvoren ili normalno zatvoren prekidač.

Prva vrsta ledjer dijagrama (lestva), slika 3, sadrži prekidač za pozivanje inicijalnih vrednosti u programu korišćenih parametara. Inicijalna to jest početna vrednost parametara koji označavaju trenutno vreme i prethodno vreme je nula ( $TrVrem=0$ ,  $PrVrem=0$ ), broj repera predstavlja broj repera po obodu točka pomoću kojih se pobuduje induktivni davač blizine ( $BrRepera=60$  za 60 repera po obimu točka), parametar *Prečnik* odgovara onom obimu na unutrašnjosti točka mašine po kojem su raspoređeni vijci.

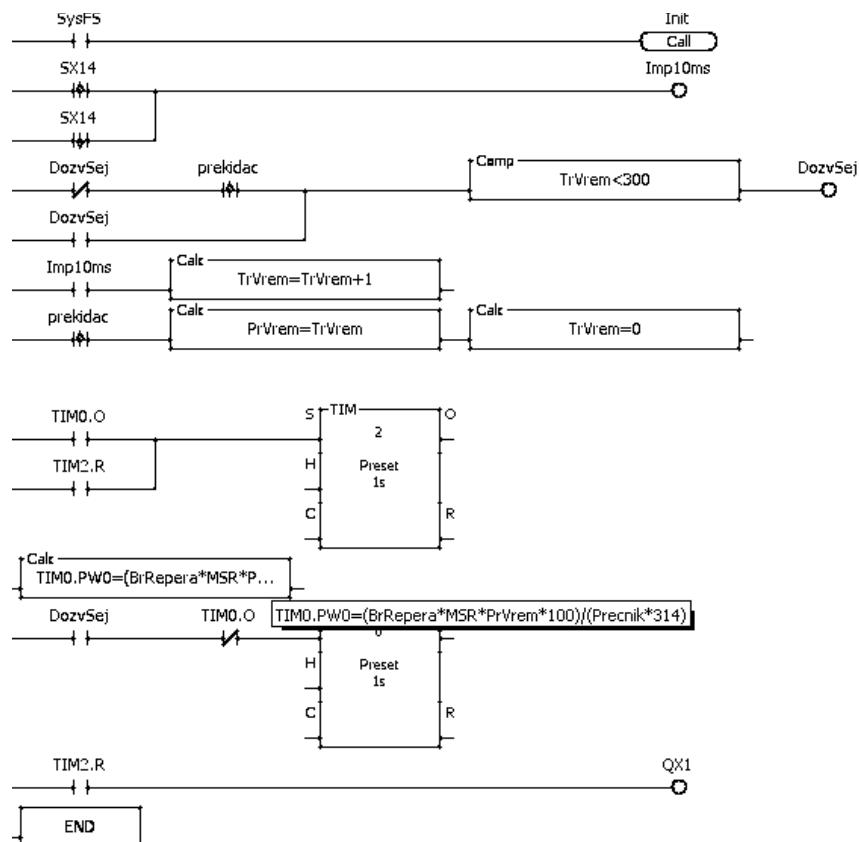
Tabela 1. Korišćeni simboli, adrese u PLC konfiguraciji i njihovo značenje

Simbol	Adresa	Komentar
Prekidac	IX0	setuje se kada vijak prolazi pored senzora
PrVrem	MW0	broj impulsa između prethodnih repera
TrVrem	MW1	trenutan broj odbrojanih impulsa između dva aktuelna repera
Imp10ms	MX10	fleg za monostabil 10ms
Izlaz	QX1	izlazni signal za pokretanje izvršnog organa upravljačkog sistema
SysFS	SX1	sistemski prekidač za inicijalizaciju
DozvSej	MX0	fleg za dozvolu rada
MSR	MW10	međusetveno rastojanje
Prečnik	MW11	prečnik
BrRepera	MW12	broj repera na točku

*SX14* predstavlja sistemski monostabilni prekidač sa periodom od 10ms. Pošto su u ovoj lesti dijagrama prekidači vezani paralelno, a izvedeni su kao kontakti za detekciju ulaze odnosno silazne ivice, to je fleg *Imp10ms* aktiviran upravo na svakih 10ms.

U trećoj lesti dijagrama je uveden fleg za dozvolu rada maštine. Mašina može da radi pod dva uslova. Ako u prethodnom skeniranju fleg *DozvSej* nije pobuđen što ujedno znači da mašina još nije počela da radi, onda će sa radom započeti kada prvi reper (vijak) prođe mimo senzora. Nakon toga, u svakom sledećem skeniranju postoji dozvola za rad maština (*DozvSej* je setovan), ali pod ograničavajućim uslovom da je  $TrVrem < 300$ , što znači da je vreme između prolaska dva vijka mimo senzora manje od  $300 * 10\text{ms} = 3\text{s}$ . Ovo vreme je sasvim zadovoljavajuće, čak i ako je broj repera po obodu smanjen na jedan, jer su brzine maštine takve da je nemoguće da u tom periodu točak ne napravi bar jedan pun obrt. A ako ipak ne napravi, to znači da je mašina stala, pa samim tim nema potrebe za rotiranjem radnih organa. Na taj način se sprečava rad maštine u mestu.

U četvrtom redu ledi dijagrama dolazi do podizanja parametra *TrVrem* za po jedan pri svakom aktiviranju flega *Imp10ms*.



Sl. 3. Leder dijagram programa za upravljanje rotacionim radnim organima maština za obradu zemljišta

U ključnom petom redu leder dijagrama postavlja se uslov da kada se setuje ulazni prekidač to jest aktivira senzor pri prolasku vijka, dodje do izjednačavanja  $PrVrem$  i  $TrVrem$ .  $PrVrem$  će se koristiti u daljem proračunu sve dok se ne postavi na neku novu vrednost, na primer do sledećeg prolaska vijka kraj senzora ukoliko se brzina u međuvremenu promenila, pa je izmerena neka druga vrenost odnosno broj impulsa od po 10ms. Takođe, vrednost  $TrVrem$  se postavlja opet na nulu upravo da bi se već od sledećeg skeniranja mogao meriti broj impulsa odnosno vreme do sledećeg repera.

Prilikom testiranja softvera u monitoring režimu uočena je logična promena parametara koja ukazuje na pravilno funkcionisanje upravljačkog organa.

## ZAKLJUČAK

Jedan od mogućih pravaca razvoja pneumatskih sejalica mogao bi biti automatizacija rotacije setvene ploče, posebno kod vakuumskih sejalica, čime bi se pojednostavila sama konstrukcija sejalice, smanjila njihova robusnost, i omogućilo elektronsko upravljanje i monitoring setve. Po ovom mogućem rešenju setvene ploče ne bi ostvarivale svoje obrtno kretanje posredstvom glomaznih i komplikovanih mehaničkih prenosnika, već jednostavno pomoću elektromotora. Brzina kretanja sejalice bi se merila pomoću induktivnog blizinskog davača postavljenog pri točku sejalice na osnovu čijeg signala, te odgovarajućeg algoritma i željenog međusetvenog rastojanja bi programabilni logički kontroler (PLC) upravljao brzinom obrtanja motora te sledstveno i samom setvenom pločom. Problem u realizaciji ove ideje s aspekta korišćenja elektromotora mogla bi predstavljati snaga motora za savladavanje otpora odnosno ostvarivanje željenog obrtnog momenta. Dalja istraživanja treba usmeriti ka ispitivanju obrtnih momenata setvenih ploča radi omogućavanja potpune automatizacije njihovog rada.

Dalji razvoj celog upravljačkog sistema treba vršiti u smeru povezivanja sa adekvatnim izvršnim organima koji mogu da odreaguju na upravljački signal i istovremeno fizički ostvare to isto upravljanje. Takođe, moguće je na PLC nadovezati upravljačku konzolu sa displejom ili sistem povezati na traktorski sistem upravljanja preko CANbus sistema. Ovako projektovan softver podržava sistem upravljanja sa kašnjenjem, pri čemu je to kašnjenje konstantno tokom procesa upravljanja tako da se ne odražava na njegov kvalitet, jer su vremenski intervali u kojima se inicira kretanje setvene ploče ekvidistantni.

Ovaj rad je rezultat projekta TR-20092A "Efekti primene i optimizacija novih tehnologija, orudja i masina za uredjenje i obradu zemljišta u biljnoj proizvodnji" koji finansira Ministarstvo nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

## LITERATURA

- [1] Marković D.: Optimizacija tehnologija i poljoprivrednih mašina za obradu zemljišta sa aktivnim radnim organima, Doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Beograd, 1991.
- [2] Martinov M. i grupa autora: Moj traktor, RES Trade, Novi Sad, 2007.
- [3] Marković D., Veljić M., Simonović.: Setveni aparati pneumatskih sejalica za setvu okopavina - stanje i perspektive, Narodna tehnika, Požarevac, 2009.
- [4] Marković D., Veljić M., Simonović: Algoritam za softversko upravljanje setvenim pločama sejalica, -traktori i pogonske mašine, Novi Sad, 2009.
- [5] Malinović N., Mešić M., Turan J.: Rezultati ispitivanja sejalice Ino Becker Aeromat u setvi šećerne repe, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 2007.

- [6] Nikolić R., Malinović N., Mehandžić R., Savin L., Furman T., Gligorić R., Tomić M., Simikić M.: Razvoj kombinovanog ratarskog sistema za obradu zemljšta i setvu, Traktori i pogonske mašine, Vol. 10, No.4, Novi Sad, 2005.
- [7] Ercegović D.: Vrste i uzroci oštećenja elemenata i mehanizama prenosnika snage u poljoprivrednoj tehnici, Traktori i pogonske mašine, Vol. 2, No.4, Novi Sad, 1997.
- [8] Karayel D.: Performance of a modified precision vacuum seeder for no-till sowing of maize and soybean, Soil and Tillage Research, 2007.
- [9] Yazgi A., Degirmencioglu A.: Optimisation of the seed spacing uniformity performance of a vacuum-type precision seeder using response surface methodology Biosystems Engineering, Volume 97, Issue 3, Pages 347-356, July 2007.
- [10] Karayel D., Barut Z.B., Özmerzi A.: Mathematical Modelling of Vacuum Pressure on a Precision Seeder Biosystems Engineering, Volume 87, Issue 4, April 2004, Pages 437-444, 2008.
- [11] Mešić M., Malinović N., Kostić M.: Parametri kvalitetne setve semenskog kukuruza, Traktori i pogonske mašine, Vol. 13, No.2, Novi Sad, 2008.
- [12] Debeljković D.: Sistemi automatskog upravljanja sa kašnjenjem, Mašinski fakultet, Beograd, 1998.
- [13] Beisecker R.: Einfluß langjährig unterschiedlicher Bodenbearbeitungssysteme auf das Bodengefüge, die Wasserinfiltation und die Stoffveragerung eines Sandbordes: dizerzázia, Gießen, 1994.
- [14] Benjamin J.G.: Tillage effects on near-surface soil hydraulic properties, In. Soil & Research, roč. 26, 1993.
- [15] Kachman S.D., Smith J.A.: Alternative measures of accuracy in plant spacing for planters using single seed metering. Transactions of the ASAE, 38(2), 379–387, 1995.
- [16] Karayel D., Barut Z.B., Ozmerzi A.: Mathematical modeling of vacuum pressure on a precision seeder. Biosystems Engineering, 87(4), 437–444, 2004.
- [17] Moody F.H., Hancock J.H.: Wilkerson J B., Evaluating planter performance-cotton seed placement accuracy. ASAE Paper No.03 1146, St Joseph, Michigan, USA, 2003.
- [18] Katalog EUROICC.

## DEVELOPMENT OF SYSTEMS FOR SOFTWARE MANAGEMENT OF SPEED OF PLANTERS DISCS

**Dragan Marković, Milan Veljić, Vojislav Simonović**  
*Faculty of Mechanical Engineering - Belgrade*

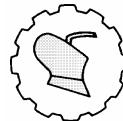
**Abstract:** Seed elements of wide row seeding machine are powered by wheel of seeding machine and mechanical gearbox. This has impact on mass of seeding machine and possibility of more precision regulation. In this paper is show possibility of use contact switch for activation machine, proximity switch for measurement velocity of seed machine and electromotor for power of seed plates. It is analyzed possibility adjustment by suitable programmable logic controller. In this paper are shown general directives for installing of necessary components for realization invited algorithm of adjustment.

**Key words:** *Seed plate, contact switch, proximity switch, electromotor, programmable logic controller.*

## C O N T E N T S

Božidar Krstić, Ivan Krstić, Vojislav Krstić AKTUEL TRENDS DIAGNOSTIC IN VEHICLES DESING AND DEVELOPMENT .....	1
Božidar Krstić, Vojislav Krstić, Ivan Krstić DIAGNOSTIC VEHICLES AS A BASIS MAINTENANCE .....	9
Predrag Petrović, Živorad Petrović GENERAL APPROACH TO ENGINE MAINTENANCE IN VIEW OF WORKING FLUID OF AGRICULTURAL AND OTHER MECHANIZATION IN ORDER TO EXTEND LIFETIME AND RATIONAL EXPLOITATION .....	17
Ratko Nikolić, Lazar Savin, Timofej Furman, Radojka Gligorić, Milan Tomić, Mirko Simikić IMPORTANCE OF USAGE OF TRACTOR DIFFERENTIAL LOCK DURING PLOUGHING .....	27
Zoran I. Mileusnić, Milan S. Đević, Dragan V. Petrović, Rajko Miodragovic, Milan Skrbic THE INFLUENCE OF LOCOMOTION SYSTEM ON THE TRACTORS` EXPLOITATION CHARACTERISTICS .....	35
Vera Cerović STABILITY OF TRACTOR IN TURNING .....	47
Aleksandar Ašonja THE MAINTENANCE OF ROLLER BEARINGS AT AGRICULTURAL MACHINES .....	53
Miroslav Trifunovic, Caslav Lacnjevac, Radisa Peric CORROSION AND PROTECTION OF AGRICULTURAL MACHINERY .....	61
Zoran Dimitrovski, Mićo V. Oljača, Kosta Gligorević, Lazar N. Ružičić ACCIDENTS WITH TRACTORS IN AGRICULTURAL PRODUCTION IN REPUBLICOF R. MACEDONIA FROM 1999 – 2008. ....	71
Zoran Dimitrovski, Mićo V. Oljača, Kosta Gligorević, Lazar N. Ružičić FATAL COSEQUENCES IN ACCIDENTS WITH TRACTORS IN THE AGRICULTUTRE OF R. MACEDONIA FROM 1999 – 2008. ....	79
Milan Đudurović, Biljana Vranješ CONTINUOUS-COMPLEX ROTARY INTERNAL COMBUSTION ENGINE PRP type MILAN 2003 and 2004 duplex .....	89
Rajko Radonjić SIMULATION OF THE TRACTOR DYNAMICAL CHARACTERISTICS .....	101

Branka Grozdanić, Zoran Grozdanić, Svetlana Vukas IMPLEMENTATION SENSORS FOR METROLOGY, AND DATA TRANSFER IN TRACTOR INDUSTRY .....	109
Kosta Gligorević, Mićo V. Oljača, Đukan Vukić, Ivan Zlatanović, Branko Radičević, Miloš Pajić, Rade Radojević, Vladimir M. Oljača, Zoran Dimitrovski APPLICATION OF CAN BUS NETWORKS ON TRACTORS AND WORKING MACHINES .....	115
Branko Radičević, Đukan Vukić, Đuro Ercegović, Mićo Oljača OPTICAL SENSORS AND THEIR APPLICATION TO AGRICULTURAL MACHINES .....	123
Dragan Marković, Milan Veljić, Vojislav Simonović DEVELOPMENT OF SYSTEMS FOR SOFTWARE MANAGEMENT OF SPEED OF PLANTERS DISCS .....	137



**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 6; п. фах 127

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 дomete 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 доволно 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, шире прегледне 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), назлов, 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 два пута годишње у издању Института за пољопривредну технику Пољопривредног факултета у Београду. Претплата за 2010. годину износи 2000 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 броју часописа који излази 2 пута годишње, у тиражу од по 200 примерака, могуће је у форми реклами 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 реклами 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 реклами додатка му се објављује, пуни назив, логотип, адреса, бројеви телефона и факса и др., међу адресама суиздавача;

- Има право на бесплатно објављивање стручно-информативних 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 жели 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 2010. 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 стручном и пословном јавношћу.

Наш часопис стиче 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.

