



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 eksploatacije, primena adekvatnih radnih medijuma (maziva, goriva, rashladnih sredstava, aditiva i dr.) i drugi faktori.

Primena odgovarajućih medijuma u eksploataciji 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 eksploatacije, kao i jedan globalni pristup aktuelnim mogućnostima smanjenja emisije izduvnih gasova.

Ključne reči: motor, kvalitet, ulje, rashladni fluid, aditivi, emisija, eksploatacija

1. UVOD

U toku eksploatacije 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. Kontaminati koji utiču na degradaciju ulja mogu biti u vidu čvrstih čestica, vode, goriva, vazduha i drugih kontaminata.

Pri eksploataciji sa delimično ili potpuno degradiranim radnim medijumima i povećanjem intervala njihove zamene, može doći do pojava neželjenih posledica, kao što su povećano habanje delova, stvaranja naslaga 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 segmenata 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, rudarstvo, proizvodnja opreme, hrane i pića, papira i štamparije, cementa, poljoprivredna, biljna i prehrambena industrija, aeroindustrija i dr.

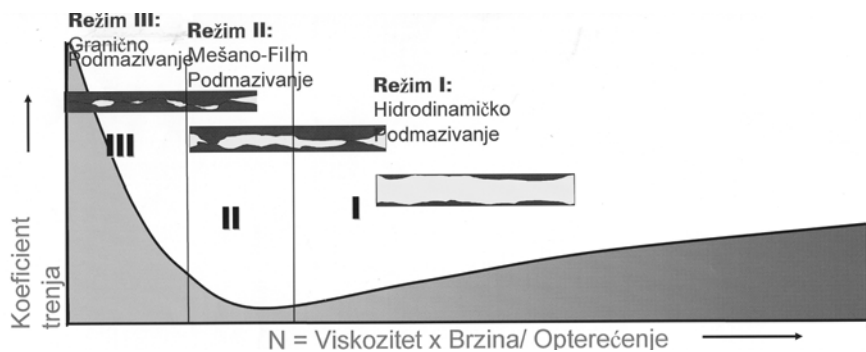
Važnost maziva i drugih media u održavanju mašina je neosporna, a glavni faktori uzroka mehaničkih zastoja i kvarova mašina su: nepravilno podmazivanje direktnog kontakta trenja metalnih površina-klizanje, kotrljanje, kontakt pod pritiskom i sl. (oko 43%), mehaničko habanje mašinskih komponenata (oko 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 eksploatacije 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 mm²/s, pa i više.
 v - brzina kretanja (s⁻¹). Gradijent smicanja (brzina na pokretnom delu podeljena sa debljinom uljanog filma), kod praznog hoda iznosi 10⁻⁵ (s⁻¹), a pri punom opterećenju 10⁻⁶ (s⁻¹).
 n - opterećenje u kontaktu. Za mineralna ulja iznosi do 200 (kg/m²), sa dodatkom aditiva (EP-Extreme Pressure) do 2000 (kg/m²), a sa dodatkom High Perform Additive > 2000 (kg/m²).

Na koeficijent trenja može se uticati promenom sledećih parametara:

Brzine- (radni parametri),

Viskozitetu- (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 komponenta 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

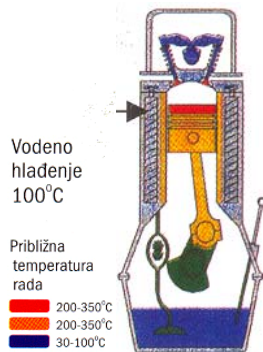
3.1. Uticaj primene ulja različitog kvaliteta

Osnovni zadaci sistema podmazivanja motora su:

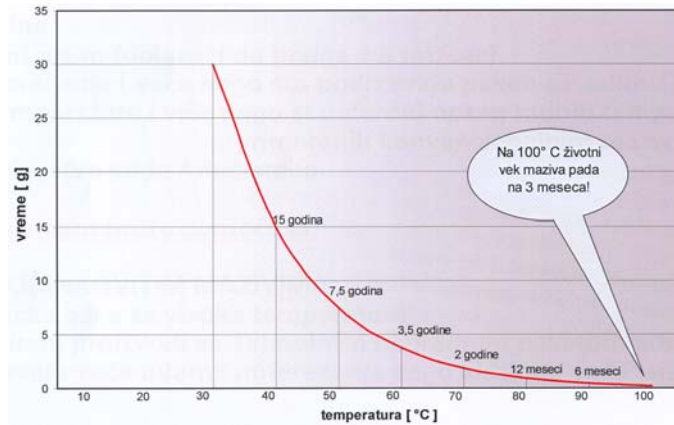
- smanjenje trenja između pokretnih pravolinijskih i rotirajućih delova motora,
- odvođenje toplote sa delova klipnog sklopa,
- poboljšanje zaptivanja uljanim filmom između klipnih prstenova i cilindra,
- amortizacija udara, postojanjem uljanog filma, promenljivih radnih i inercijalnih sila između pokretnih delova,
- čišćenje i pranje gareži sa delova motora u prostoru za sagorevanje,
- zaštita od korozijske 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.

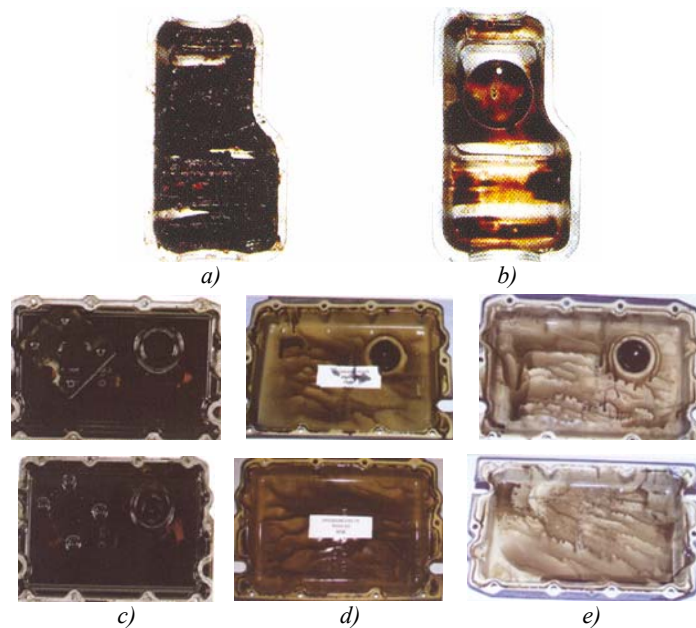


Slika 2. Opsezi radnih temperatura u motoru



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 eksploatacije održava predviđenu radnu temperaturu motora.

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

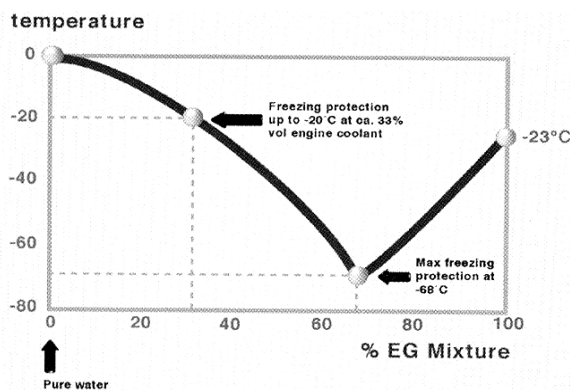
- *Konvencionalni*, koji je na bazi neorganskih soli, zelene ili plave boje, sa preporučenim periodom zamene 1-2 g.

- *Hibridni*, koji je na bazi organskih i neorganskih soli, zelene ili fluorescentno žute boje, sa preporučenim periodom zamene oko 3 g.

- *OAT*, je na bazi različitih organskih i karboksilinih kiselina, narandžaste ili crvene boje, sa preporučenim periodom zamene oko 5 g.

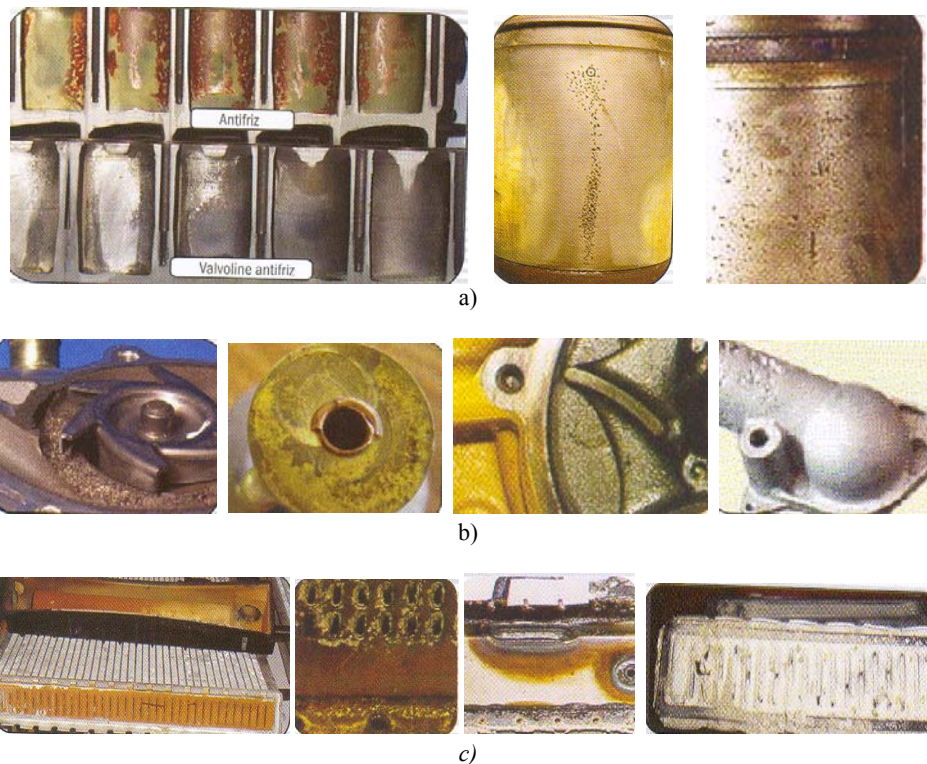
Opšte prihvaćeno mišljenje je, da se povećanjem napr. količine etilen-glikola (koncentrata antifriz) u mešavini sa vodom povećava tačka smrzavanja, što je apsolutno pogrešno. Najniža moguća tačka smrzavanja primenom konvencionalnog antifriz postiže se mešavinom 67% koncentrata i 33% vode i to do -68°C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

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



Slika 7. Zavisnost mešavine antifriz i temperature smrzavanja

Problem se često manifestuje pri mešanju antifrizna različitih tipova, odnosno 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 toplote 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.

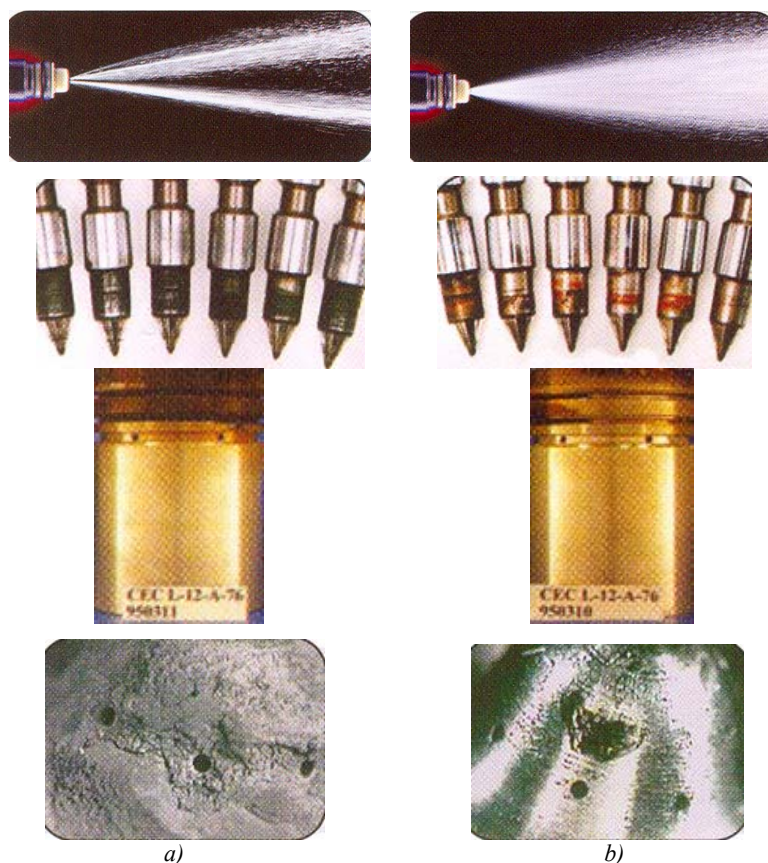


Slika 8. Spoljni izgled komponenta i sistema za hlađenje motora neadekvatnom primenom rashladnog fluida a) košuljice, b) delovi pumpe, c) hladnjak

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.

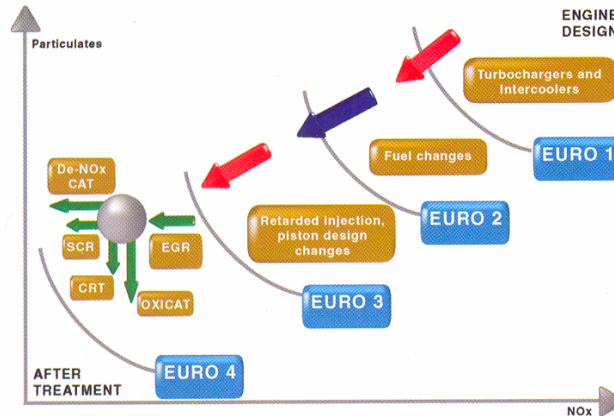


Slika 9. Prikaz oštećenja (a), i dobrog održavanja (b), nekih komponenata motora (brizgaljki i klipa sa i bez primene aditiva u gorivu)

4. TEHNOLOŠKA REŠENJA ZA ZADOVOLJENJE ZAKONSKIH PROPISA O EMISIJI

Zagađenje 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 izduvnih 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 drvenu industriju, direktiva 2005/13/EC, s tim da se faza III sukcesivno 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 Materials čestica) i NO_x (azotni oksidi), koja su prikazana na slici 10.



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

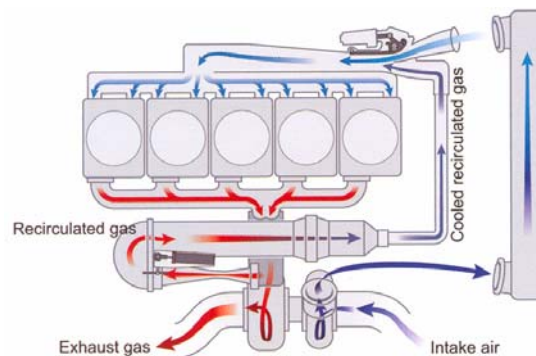
EGR - (Exhaust Gas Recirculation), sistem recirkulacije izduvnih gasova u cilju smanjenja NO_x.

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.

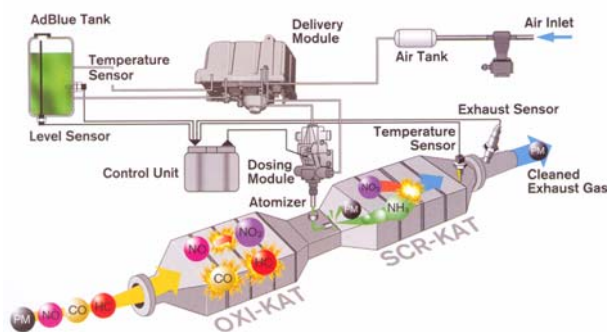
Uređaj za recirkulaciju izduvnih gasova, koji je prikazan na slici 11, koristi osiromašene kiseonikom izduvne gasove, meša se sa svežim vazduhom, usisava i dovodi u motor, a time, uz nižu temperaturu u cilindru, formiraju se i manje količine azotnih oksida.



Slika 11. Šematski prikaz recirkulacije izduvnih gasova

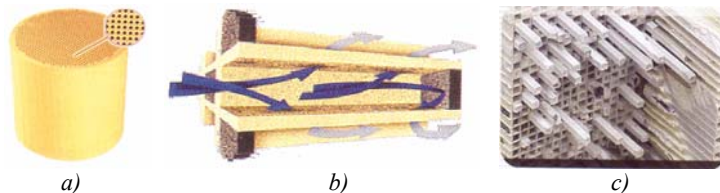
Ovaj sistem ima i svojih nedostataka, koji se manifestuju uvođenjem čađi iz izduvnih gasova u cilindar, čime se utiče na povećanje čađi i u motornom ulju, ubrzava osiromašenje TBN-a i smanjuje sadržaj SAPS-a. Zbog toga ovaj sistem zahteva korišćenje savremenih, visokokvalitetnih ulja sa povećanim svojstvima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

Selektivna katalitička redukcija (SCR) započinje uz pomoć toplote, pretvaranjem azotnog oksida (NO_x) u azotni dioksid (NO_2) koji inicira smanjenje temperature u fazi dodavanja uree koja 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 čađi, 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 media 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., Mijuca 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, Vrnjačka 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., Bačevac 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.*