



UDK: 621.43

Stručni rad  
Professional paper

## RAZMATRANJE POTROŠNJE MOTORNOG ULJA DIZEL MOTORA

Ljubiša Marković, Predrag Petrović, Nebojša Radojević

*IMR Rakovica - Beograd*

**Sadržaj:** Sa aspekta zadovoljenja strogih ekoloških propisa izduvne emisije dizel motora kao i poboljšanja dizel motora sa stanovišta održavanja, danas smanjenje potrošnje motornog ulja predstavlja jedan od primarnih zadataka konstruktora motora. U tom kontekstu značajno mesto zauzima istraživanje nivoa potrošnje motornog ulja i uticajnih faktora. Rezultati istraživanja daju smernice i korisnicima koji mogu da projektuju troškove eksploatacije koji su ogledaju u korišćenju odgovarajućeg motornog ulja za odgovarajući motor.

U radu je razmatran problem potrošnje motornog ulja sa stanovišta uticaja konstrukcije motora, uslova eksploatacije, kao i parametra kvaliteta motornog ulja.

**Ključne reči:** *dizel motor, motorno ulje, eksploatacija, potrošnja ulja.*

### UVOD

Eksploatacija motornih vozila ima za posledicu, po životnu sredinu, glavni negativni uticaj koji dolazi od emisije izduvnih gasova. Povećanje broja vozila, performanse istih, porast ukupne potrošnje goriva, direktno utiče na ukupnu emisiju izduvnih goriva, a samim tim na zagađenje životne sredine.

Mehanizmi smanjenja ukupne emisije su brojni i mogu se podeliti na globalne i pojedinačne. Globalni bi sadržali aktivnosti koje se odnose na organizaciju saobraćaja, merama prestrukturiranja saobraćaja u oblastima gde je zagađenje najveće, prestrukturiranje voznog parka ka vozilima koji su manji zagađivači, reformulacija goriva i isporuka tržištu goriva kojim su emisije niže, zakonske regulative i dr.

Drugi pristup pojedinačnim aktivnostima sadržan je konkretnim merenjima i razmatranjima koja se sprovode na motoru kao osnovnom proizvodu čija eksploatacija daje negativne uticaje. Osnovna istraživanja dizel motora se preduzimaju u pravcu smanjenja emisije izduvnih gasova kao i energetskim karakteristikama i performansama, smanjenje potrošnje goriva kao i smanjenje potrošnje ulja.

U ovom radu razmatrana je potrošnja motornog ulja sa stanovišta konstrukcije motora, eksploatacije, kao i uticaja motornog ulja.

## KONSTRUKCIJA MOTORA I POTROŠNJA ULJA

Potrošnja motornog ulja se izražava ili u g/kWh ili u procentima od utrošenog goriva. Obe metode računanja su prisutne kod izražavanja performansi motora SUS.

Za motore IMR potrošnja ulja se kreće od 0.3 do 1.2 % od potrošenog goriva. Velike vrednosti su karakteristika motora konstrukcija osamdesetih godina i ranije. Razvojem motora vrednosti dozvoljene potrošnje su smanjene. Kriterijum za potrošnju ulja 0.25 % od potrošnje goriva, za generacije motora do 95 godine, je smanjen razvojem motora i primenom savremenih tehnoloških rešenja na veoma nisku potrošnju ulja - svega 0.05% od utrošenog goriva. Danas dozvoljene granice su do 0.02% pa i niže.

Klip sa klipnim prstenovima jedan je od najodgovornijih delova motora, koji ima najveći uticaj na potrošnju ulja. Osnovni zadatak klipnog sklopa je prenošenje gasnih i normalnih sila, prenošenje toplote na zid cilindra, formiranje i zaptivanje radnog prostora, i dr. Da bi se ti zahtevi ostvarili materijal od kojih se izrađuju klipovi moraju da zadovolje sledeće zahteve: da imaju malu specifičnu težinu, potrebnu statičku i dinamičku čvrstoću na povišenim temperaturama, mali koeficijent toplotne dilatacije, dobru toplotnu provodljivost, dobra klizanja i antikorozijska svojstva i pri uslovima nedovoljnog podmazivanja, i dr..

Osnovni materijal za izradu klipova su aluminijumske legure, legirane silicijumom, bakrom, niklom i magnezijumom. Geometrija klipa je veoma složena i nezadovoljenje jedne ili više konstrukcionih mera može uticati na povećanje habanja i potrošnje ulja. Proces habanja klipnog sklopa je veoma složen, a intenzitet trošenja zavisi od više faktora: mehaničkog i termičkog naprezanja, vrste goriva i maziva, procesa sagorevanja i dr. Učestanost oštećenja klipnih prstenova može biti različita i prema podacima iz literature približno iznose: adheziono (38%), abraziono (27%), koroziono (7), pogrešna montaža (4%) i ostalo (10%). Uticaju tih faktora znatno doprinosi vrsta goriva sa procentom sadržaja sumpora u njemu i vrsta maziva. Pored tih faktora na intenzitet habanja utiče i broj obrtaja i sa njegovim porastom raste i intenzitet habanja. Približno isti efekat ima i porast opterećenja, kao i porast stepena kompresije. Stepem viskoznosti ulja takođe utiče na intenzitet habanja i sa njegovim porastom habanje se smanjuje.

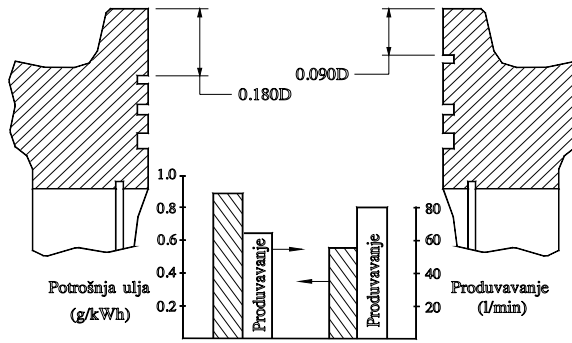
U tabeli 1. je dat prikaz uticaja pojedinih konstrukcionih parametara klipnog sklopa na potrošnju ulja motora. Sa šeme se vidi da je prisutan veliki broj konstrukcionih parametara koji su u međusobnoj interakciji i njihovo eventualno razdvajanje je veoma kompleksno, pa pojedinačna kvalifikacija nije moguća, mada treba uzeti u obzir da su neki faktori još uvek nedovoljno izraženi i potvrđeni. Oznake 1-veoma veliki uticaj, 2 -faktor sa intenzivnim uticajem, 3-faktor sa značajnim uticajem, 4- faktor sa neznatnim uticajem i 5 faktor sa nekvantitativnim uticajem.

Rekonstrukcijom sklopa klip/klipni prstenovi/cilindar moguće je ostvarenje tankog filma maziva na zidu cilindra. Na slici 1. prikazan je udeo u smanjenju potrošnje maziva u zavisnosti konstrukcije i položaja klipnih prstenova. Takođe na slici su prikazane vrednosti prodivavanja u zavisnosti od konstrukcijskog rešenja.

Može se uočiti sa slike da smanjenjem zazora klip/cilindar i pomeranjem položaja prvog klipnog prstena bliže čelu klipa smanjuje se zona sa lošim iskorišćenjem vazduha. Pored toga, značajan uticaj na potrošnju ulja ima loše zaptivanje sklopa izduvnih ventila kao i turbogrupe.

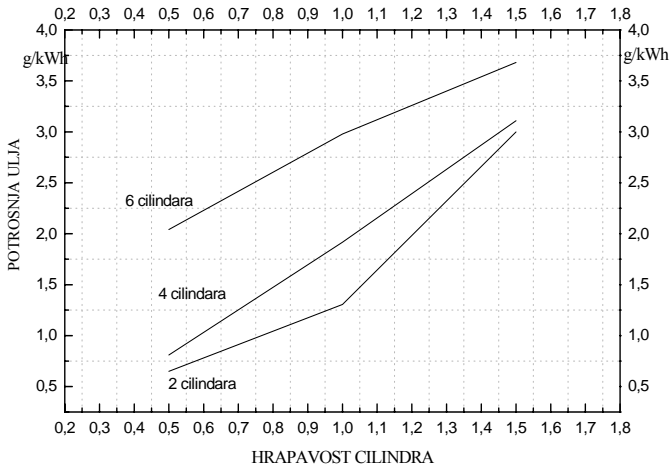
Tab. 1. Uticajni faktori

Red br.	Uticajni elementi rada motora	Ulje za podmazivanje	Klipni prsten -prvi	Klipni prsten -drugi	Klipni prsten -treći	Klip	Košuljica klipa
1	broj obrtaja	viskoznost	specifični pov. prit.	radna površina cilindra 5	specifični pov. prit.	zazor vođice	ovalnost 5
2	srednji pritisak 1	temperatura 1	radna površ. cilindra 5	konačn. radne povr. 3	naleganje na cilind. košulj. 1	uvlačenje kraja vođice 2	hrapavost radnih površ. 3
3	konstruk. oblik motor. 1	isparljivost 1	simet.ovaln. radne površ. 3	unutrašnji ugao prenos. 3	oblik ivice za skid. ulja 5	rasto. prvog prst.od čela klipa 1	makro neravnine 1
4	podprit. usis. sistema 2	starenje 1	asimet. ovaln. radne površ. 3	unutr. ugao donje boč. površine 3	radijus prelaz ravnih povr. 5	visina prvog klipnog prstena čel. klip 1	risevi i ošteće. rad. površ. 1
5	zazor ležaja 5	količina ulja 5	koničnost radne povr. 3	ovalnost 3	aksijalna visina 3	zazor izm. prvog i dr. prstena 5	hlađenje 3
6	proces sago. 5	multi-gradna ulja 3	unutrašnji ugao prsten. 3	radijus spoljnih površ. 3	rastojanje radn. površ. 4	površ.klipa trećeg klip. prstena 4	
7	režim opterećenja 4		ovalnost 4	čeonni zazor 4	aksijalni zazor 3	ugao bočne povr. žljeba 5	
8	hlađenje klipa 4		aksijalna visina 3		čeonni zazor 5	odvođenje ulja 3	
9	temperatura vode 4		aksijalni zazor 3		pomeranje radnih povr. 5	ovalnost vođice klipa 3	
10	povratni pritisak 4 izduv. gasa		čeonni zazor 4		način skid. ulja odvođenjem 3	neaksijalno st. 5	
11	povratni pritisak izd.gasa 4		ugao čeonne ivice 4		zaptivenost bočne povr. 3	unutrašnji oblik klipa 5	
12			radijalni zazor 5				
13			kvalitet obrade rad. površine 3				
14			kvalitet pre rad. površine 4				
15			presek 5				
16			zaštita rad. površina 4				



Slika 1. Uticaj konstrukcije na potrošnju i prodivavanje

Konstruktivske izmene u cilju smanjenja potrošnje ulja, zahtevaju posebne mere u pogledu izbora materijala i vrste prevlake, zbog termičkog opterećenja, kao i tehnologija obrada. Tu presudnu ulogu ima završna obrada cilindara. Nove tehnologije lasera u završnoj obradi cilindra omogućile su ujednačenost hrapavosti, kao minimalne vrednosti. Time su postignuti izvanredni rezultati u smanjenju potrošnje ulja. Na slici 2 prikazane su potrošnje ulja u zavisnosti od hrapavosti u mikrometrima i tipa motora sa dva, četiri i šest cilindara.



Slika 2. Potrošnja ulja u zavisnosti od hrapavosti cilindara

Potrošnja ulja raste sa porastom opterećenja i izraženija je kod dizel motora veće zapremine pri manjem broju obrtaja, nego kod OTO motora manje zapremine pri većem broju obrtaja motora.

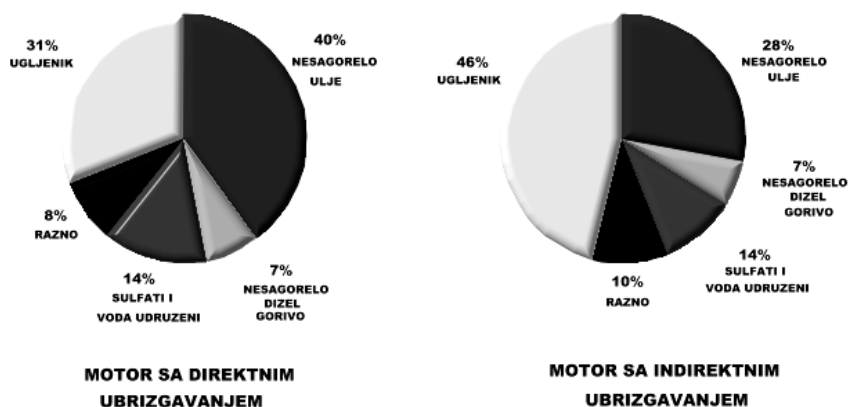
Uticaj primene oblika radne površine prvog klipnog prstena je veći na potrošnju ulja nego promena na drugom klipnog prstena, sa tendencijom rasta pri povećanju opterećenja. Uticaj ispupčenosti klipnih prstenova je najveći u periodu razrade motora, kada je i potrošnja ulja najveća, a u daljem periodu eksploatacije i pri povećanju ispupčenosti uticaj na potrošnju ulja je neznatan.

Uopšteno može se konstatovati da povećanje specifičnog površinskog pritiska uljnog klipnog prstena kod svih motora utiče na smanjenje potrošnje ulja u motoru. Povećanjem rastojanja radnih površina uljnog klipnog prstena smanjuje se potrošnja ulja kod svih motora i pri svim brojevima obrtaja.

Povećanjem hrapavosti cilindra povećava se i potrošnja ulja kod svih tipova motora, bez obzira na veličinu zapremine, opterećenja, broja obrtaja i dr.

### UTICAJ POTROŠNJE MOTORNOG ULJA NA EMISIJU DIZEL MOTORA

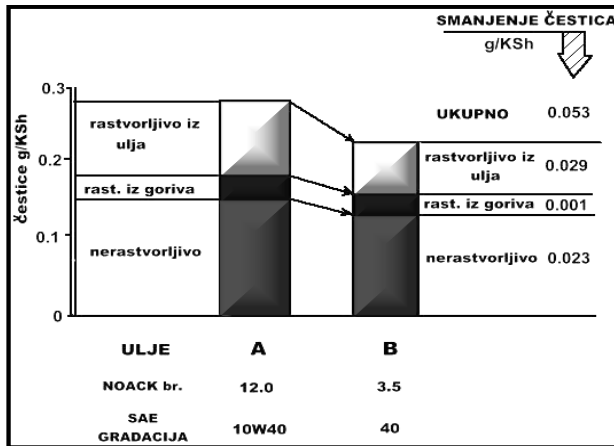
Sa stanovišta razmatranja uticajnih faktora na emisiju dizel motora, istraživanja su ukazala na evidentan uticaj potrošnje motornog ulja. Najveći uticaj je na emisiju čestica. Kako se vidi sa slike 3, u zavisnosti od tipa motora, odnosno sistema za ubrizgavanja, indirektnim i direktnim ubrizgavanjem, uticaj motornog ulja na emisiju čestica je veliki i različit. Samim tim, smanjenje potrošnje ulja direktno utiče na nivo čestične emisije. Oko 20% potrošenog ulja se emituje u sastavu čestica i to uglavnom kao rastvorljiva organska komponenta.



Slika 3. Uticaj karakteristika sistema sagorevanja motora na emisiju čestica

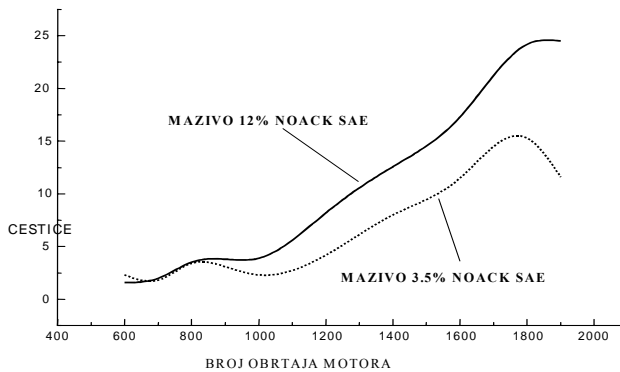
### POTROŠNJA MOTORNOG ULJA SA STANOVIŠTA FIZIČKO-HEMIJSKIH KARAKTERISTIKA MOTORNOG ULJA

Kod motornog ulja zahtev za smanjenjem potrošnje direktno je povezan sa zahtevom za termičkom stabilnošću ulja. Istraživanja su pokazala da varijacijom fizičko-hemijskih karakteristika, odnosno reformulacijom motornog ulja mogu se uočiti promene u potrošnji ulja, što direktno utiče na nivo čestične emisije. Na slici 4. prikazana je zavisnost promene čestica za dva uzorka motornog ulja različitih fizičko-hemijskih karakteristika.

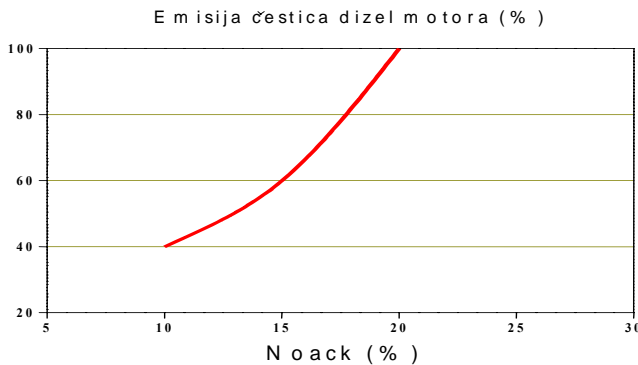


Slika 4. Emisija čestica u zavisnosti od karakteristika motornog ulja

Karakteristika termičke stabilnosti je isparljivost, koja se meri tzv. Noack testom. Na slikama 5. i 6. prikazane su zavisnosti emisije čestica i vrednosti Noack testa isparljivosti motornog ulja.



Slika 5. Emisija čestica u odnosu na broj obrtaja motora za dva različita motorna ulja



Slika 6. Emisija čestica u odnosu na karakteristiku NOACK testa

## ZAKLJUČAK

Smanjenje potrošnje ulja u eksploataciji dizel motora predstavlja jedan od osnovnih zadataka konstruktorima motora. Razvoj motora i primena novih tehnologija dala je rezultate da danas motori u eksploataciji troše i više od deset puta manje ulja nego motori konstruisani do 1990 godine. To je značajni napredak koji ne daje samo prednosti korisniku, već i ispoljava efekat sa smanjenjem negativnog uticaja na okolinu, nižom emisijom izduvnih gasova.

U primarne faktore koji utiču na potrošnju ulja motora spadaju: specifični pritisak klipnih prstenova na zidove cilindarske košuljice, broj obrtaja motora, hrapavost radnih površina, pritisak i temperatura u radnom prostoru motora, opterećenje, broj obrtaja, broj i zapremina cilindra, tip i taktnost motora, sistem hlađenja, rastojanja radnih površina i klipnih prstenova, viskoznost ulja, termička stabilnost ulja i dr.

Klipni sklop sa svojim komponentama u pogledu materijala, kvaliteta, tehnoloških i drugih zahteva je veoma kompleksan i zahteva ispunjenje mnogobrojnih faktora u cilju zadovoljenja funkcionalnih karakteristika i potrebnog veka motora. U slučaju neispunjenja tih uslova u toku eksploatacije motora dolaziće do intenziviranja habanja, koja će inicirati povećanje radnih zazora, što će prouzrokovati pogoršanje funkcionalnih karakteristika, povećanje intenziteta udara (buke i vibracija), povećanje potrošnje ulja smanjenje veka i drugih negativnih faktora.

Uspostavljanje interakcije između tih parametara je izuzetno teško, kako zbog kompleksnosti nastajanja tih pojava, i obezbeđenja tehnoloških i laboratorijskih uslova za adekvatnu obradu i ispitivanje. Uticaj karakteristika ulja je evidentan na potrošnju, te stoga neophodno je odabrati ono ulje koje za datu konstrukciju motora, daje minimalnu potrošnju istog.

Zbog nemogućnosti razdvajanja međusobne interakcije pojedinih faktora nemoguće je potpuno utvrditi uticaj svakog od njih već se oni kvalifikuju u međusobnoj korelaciji.

## LITERATURA

- [1] Douand, A.: Tomorrow's Engines and Fuels, Setting the Pace with IFP for the 21<sup>st</sup> Century, Paris, June 2-3, 1994.
- [2] Reyen, P., Reneveirrolles, P.: Diesel Vehicle Emissions as a Function of after Treatment Systems and Fuel Characteristic: Gaseous and Particulates Emissions, 5-the CEC Intern. Symp. on the Performance Evaluation of Automotive Fuels and Lubricants - Quality for the Industry in to the next Millenium, Gooteborg, May 1997.
- [3] Xiaobin, Li., Wallace, L.: Effect of Fuel Properties on Exhaust Emissions of Single Cylinder Di Diesel Engine, SAE 962116.
- [4] Kazhuski, T., Mitsuhiro, K.: The Effect of Fuel Properties and Oxygenates on Diesel Exhaust Emissions, SAE 952349.
- [5] Beatrice, C., Betroli, C.: The Influence of Fuel Formulations on Pollutant of Light Duty D.I. Diesel Engine, SAE 961972.
- [6] Geiman, R., Cullen, P.: Emission Effects of Shell Low NO<sub>x</sub> Fuel on a 1990. Model Year Heavy-Duty Disel Engine, SAE 961973.

- [7] Mikkonen, S.: Reformulated Diesel Fuels in Finland, 98EL045.
- [8] Kobayashi, S., Nakajima, T., Hari, M.: Effect of Fuel Properties on Diesel Exhaust Emissions, SAE 94521.
- [9] Shigeyuki Tanaka, Masataka Morinaga, Haruhisa Yoshida, Harou Takizawa, Kazuyoshi Sanse, Hiromichi Ikebe, COSMO Research Institute "Effects of Fuel Properties on Exhaust Emissions from DI Diesel Engines", SAE 96214 - Diesel Engine Combustion and Emission Control.
- [10] Petrović, P., Marković, Lj., Savić, V.: Mehanizam kontaminacije i održavanja potrebnog stepena čistoće ulja dizel motora prema ISO standardima, YUNG 2005. Novi Sad.
- [11] Petrović, P., Marković, Lj., Radojević, N.: Čistoća dizel motora kao bitan parametar kvaliteta i pouzdanosti u eksploataciji, časopis Vojske Srbije i Crne Gore, 2005, Beograd.

## EVOLUATED OF CONSUMPTION LUBRICAN OF DIESEL ENGINE

**Ljubiša Marković, Predrag Petrović, Nebojša Radojević**

*IMR Rakovica - Belgrade*

**Abstract:** From aspect of regulation strict ecological regulations of exgsauts emissions from diesel engines as well imroving maintenace of diesel engine, today reducing of consumption from motor lubricant is primary goal in construction of engine. In that way important role in that feature is researching in the level of consumption of oil and influencing factors. Date obtained in this field give consumers the costs of exploitation using adequate engine lubricant for certified engine.

In this paper work it is evaluated problem of consumption of engine lubricant from several influencing parameters like construction of engine, condition of exploitation and quality parameters of measured lubricant.

**Key words:** *diesel engine, motor lubrocant, exploitation, consamption lubricant.*