

Utjecaj razrjeđenja motornih ulja gorivom na njihovu viskoznost, plamište i gorište

D. Ljubas, H. Krpan, I. Matanović

STRUČNI ČLANAK

U sklopu ovog rada ispitivan je utjecaj razrjeđenja automobilskih sintetičkih i mineralnih motornih ulja dvjema vrstama komercijalnih goriva: motornim benzinom – Eurosuperom 95 i dizelskim gorivom – Eurodizelom. Time se simulirao slučaj koji se može dogoditi u motoru – prolazak neizgorena goriva u kućište motora te miješanje i otapanje u motornom ulju. Kao najvažniji parametri za praćenje promjena karakteristika ulja odabrani su viskoznost, plamište i gorište. Razrjeđenje ulja gorivom kretalo se u rasponu od 0% do 10% masenoga udjela (wt) goriva.

Uzorci motornih ulja koji su korišteni u ispitivanjima nabavljeni su od dvaju proizvođača prisutnih na hrvatskom tržištu, po jedno čisto mineralno i jedno potpuno sintetičko multigradno motorno ulje gradacija viskoznosti prema SAE gradaciji: 15W-40 i 5W-30, bez dodatnih modifikacija.

Promjene svojstava ulja premašile su pretpostavljene praktične vrijednosti potrebne za siguran rad motora u slučaju razrjeđenja ulja s benzinom u iznosu od 10 wt%. Razrjeđenje ulja sa 5 wt% benzina je maksimalni iznos uz koji se može očekivati mogućnost njegove praktične primjene za podmazivanje motora jer se plamište ispitivanih ulja snižava na temperature koje se već javljaju u primjeni – oko 150 °C ili niže. Kada se ulja razrijeđe dizelskim gorivom, tada se praćena svojstva ulja mijenjaju manje nego što je to slučaj s benzinom.

Ključne riječi: motorno ulje, gorivo, viskoznost, plamište, gorište

1. Uvod

Iznimno važna komponenta za siguran i neometan rad bilo kojeg motora s unutarnjim izgaranjem je kvalitetno podmazivanje motornih dijelova uljem. Usporedno s razvojem i usavršavanjem motora javljali su se i novi zahtjevi glede motornih ulja kako bi motori mogli razvijati sve veće snage, podnositi veća opterećenja uz više temperature te imati što dulje intervale izmjene ulja.^{1,11,13} U početku su se za podmazivanje motora koristila mineralna ulja, a danas se uz njih koriste i moderna sintetička ulja koja ispunjavaju kriterije najtežih uvjeta rada.^{8,12,22,25} Danas, tehnički i komercijalno gledajući, motorna ulja na globalnom tržištu mazivima zauzimaju udio veći od 60%.¹⁵

Da bi automobilski motor ispravno funkcionirao, motorno ulje mora ispuniti pet osnovnih zadaća^{1,12,13,22}: podmazivanje, odvođenje topline, održavanje kompresije, zaštitu od korozije i održavanje čistoće motora. Do najveće potrošnje dolazi prilikom pokretanja motora jer ulje ne dopijeva odmah do svih kritičnih dijelova. Kada se motor i ulje zagriju na radnu temperaturu, viskoznost ulja se ne smije previše smanjiti jer uljni film mora zadržati dovoljnu debljinu da bi kvalitetno zaštitio motor od trošenja.

Zbog niza razloga gorivo u Ottovim i Dieselovim motorima ne izgara u potpunosti. Veći dio neizgorenoga i/ili djelomično izgorenoga goriva odlazi kroz ispušni sustav motora, ali jedan se dio probije i u kućište motora te se miješa s uljem. Tada se gorivo u ulju može potpuno ili djelomično otopiti (što ovisi o nizu parametara: o sastavu goriva, sastavu ulja, temperaturi pri kojoj se događa njihov kontakt, o učestalosti tzv. hladnog pokretanja motora, kompresijskom omjeru motora,

prisutnosti drugih tvari u ulju, npr. aditiva, vode, čestica čađe), uslijed čega se mogu promijeniti svojstva ulja toliko da postane neupotrebljivo za daljnje korištenje.^{23,24} Otapanjem neizgorenoga goriva (u radu se ispituju goriva motorni benzin Eurosuper 95¹⁷ i dizelsko gorivo Eurodizel) u ulju (mineralnom i sintetičkom) mijenjaju se svojstva ulja te ih je potrebno pratiti prikladnim analizama.^{3,9,16,20} U ovom su radu autori pretpostavili da je za praktičnu primjenu korisno pratiti sljedeća svojstva: viskoznost (radi praćenja stabilnosti uljnog filma), plamište i gorište (radi praćenja sigurnosti sustava podmazivanja uljem).

Prema navodima iz literature, stabilnost uljnog filma trebala bi biti postojana do 10% razrjeđenja ulja gorivom.¹⁵ Praćena su i neka specifična svojstva ulja u slučaju razrjeđenja gorivom⁹ – npr. moment trenja u odnosu na opterećenje: mineralna ulja već i uz 1% razrjeđenja gorivom počinju znatno gubiti svojstva, a pri 7% razrjeđenja potpuno gube tražena svojstva zaštite materijala od trošenja. U istom pokusu primijećeno je da se sintetička ulja bolje ponašaju s obzirom na stabilnost uljnog filma, ali da, također, pri razrjeđenju od 7% gube većinu mazivih svojstava. Neki autori navode da je za motore pogonjene benzinom maksimalna količina razrjeđenja ulja 4%⁴, a neki daju općenite navode, kao npr. da je količina goriva u motornom ulju već od 5% dovoljna da znatno snizi plamište takve smjese¹² ili da bitno oslabi stabilnost uljnog filma.²¹

Cilj ovoga rada bilo je utvrđivanje promjene svojstava automobilskih motornih ulja (dva uzorka mineralnih i dva uzorka sintetičkih ulja prisutnih na hrvatskom tržištu) u slučaju miješanja s različitim količinama goriva (motorni benzin Eurosuper 95 i dizelsko gorivo

Eurodizel) i prepoznavanje količina goriva u ulju, koje bi mogle činiti probleme u primjeni.

1.1 Viskoznost motornih ulja

Viskoznost je jedno od najvažnijih svojstava svakog mazivog ulja^{15,25}, a predstavlja mjeru unutrašnjeg trenja koje se javlja kao otpor na promjenu položaja molekula pri strujanju tekućina kada na njih djeluje smično naprezanje. Zbog široka područja primjene, ulja moraju zadržati svojstva u različitim uvjetima rada, a viskoznost ulja najviše kvalitete vrlo će se malo promijeniti u zadanom temperaturnom opsegu. Klasifikaciju prema viskoznosti za automobilska motorna ulja utvrdilo je društvo SAE (Society of automotive engineers) u svom dokumentu SAE J300 „Engine Oil Viscosity Classification“.^{14,15}

U ovome je radu eksperimentalno određena viskoznost ulja na 20,0 i na 40,0 °C. Da bi se izračunala viskoznost na 100 °C, korištena je ekstrapolacija empirijske Ubbelohde-Waltherove jednadžbe, koja daje ovisnost viskoznost-temperatura u linearnom obliku^{1,15} i detaljnije je opisana u DIN-u 515636 i u DIN-u 53017.⁵ Najprije je određen koeficijent nagiba pravca m prema jednadžbi (1), nakon čega je moguće odrediti viskoznost na nekoj drugoj pretpostavljenoj temperaturi:

$$m = \frac{W_1 - W_2}{\log T_2 - \log T_1} \quad (1)$$

gdje je m – koeficijent nagiba pravca u dijagramu viskoznost-temperatura, $W_1 = \log \log(\nu_1 + 0,8)$, $W_2 = \log \log(\nu_2 + 0,8)$, ν_1 i ν_2 vrijednosti kinematičke viskoznosti izmjerene na temperaturama T_1 i T_2 [mm²/s], T_1 i T_2 – temperature [K].

Gustoća ulja izmjerena je na temperaturi od 20,0 °C, a za druge temperature određena je proračunom prema formulama (2) i (3), koje su propisane u DIN-u 51 757 – Prilog B⁶:

$$\alpha(15^\circ\text{C}) = \frac{K_0}{[\rho(15^\circ\text{C})]^2} + \frac{K_1}{\rho(15^\circ\text{C})} \quad (2)$$

gdje je $\alpha(15^\circ\text{C})$ – toplinski koeficijent rastezanja [°C⁻¹], $\rho(15^\circ\text{C})$ gustoća pri 15 °C [kg/m³], a K_0 i K_1 su specifične konstante prema DIN-u 51 757 [(kg/m³)²/°C].

Volumenski korekturni faktor pri temperaturi ϑ – β_ϑ izračunava se prema formuli:

$$\beta_\vartheta = \frac{\rho(\vartheta)}{\rho(15^\circ\text{C})} = \text{EXP}[-\alpha(15^\circ\text{C}) \cdot \Delta\vartheta \cdot (1 + \alpha(15^\circ\text{C}) \cdot 0,8 \cdot \Delta\vartheta)] \quad (3)$$

gdje je $\rho(\vartheta)$ gustoća pri mjerenoj temperaturi [kg/m³], $\rho(15^\circ\text{C})$ gustoća pri 15 °C [kg/m³] i $\Delta\vartheta$ razlika temperatura ($\vartheta - 15$) [°C].

1.2 Plamište i gorište

Točka paljenja ili plamište mazivog ulja predstavlja najnižu temperaturu na kojoj se pod utvrđenim uvjetima ispitivanja događa prvo zapaljenje smjese uljnih para sa zrakom, a da pritom ne slijedi daljnje gorenje.^{1,12,18} Daljnje zagrijavanje ulja i stvaranje dovoljnih količina pare koje će podržavati gorenje duže od 5 s znači da je postignuta temperatura *gorišta*, koja je za motorna ulja obično 20 do 30 °C viša od plamišta.

Plamište i gorište su kontrolne veličine važne za korisnike iz sigurnosnih razloga, kao što se može vidjeti u tablici 1. Kod korištenih motornih ulja opadanje njegove vrijednosti upućuje na razrjeđenje/kontaminaciju ulja gorivom ili nekom tekućinom nižeg plamišta. Ovisno o temperaturi plamišta, kapljevine se razvrstavaju općenito u tri klase opasnosti (tablica 1). U normalnom su slučaju motorna ulja sa svojom temperaturom plamišta iznad 200 °C daleko od svih klasa opasnosti i od očekivanih radnih temperatura, obično u intervalu od 100 do 150 °C.¹³ Međutim, pri prodoru određenih količina goriva u ulje, plamište i gorište smjesa ulje/gorivo može prijeći u područje radnih temperatura, pa čak i u jednu od klasa opasnosti I.-III., što je u primjeni potrebno izbjeći.

2. Eksperimentalni dio

2.1 Uređaji

Za pripremu smjesa goriva i ulja korištena je analitička vaga AG240 proizvođača *Mettler* i magnetska miješalica Rotamix MM5 tvrtke *Tehtnica*. Održavanje mjernih temperatura postignuto je korištenjem termostatajuće kupke M3 tvrtke *Lauda*. Za određivanje dinamičke viskoznosti uzoraka korišten je rotacijski viskozimetar (reomat) RM180 tvrtke *Mettler*, sukladno normi DIN 53018, dio 35. Uzorci su ispitivani na temperaturama od 20,0 i 40,0 °C.

Za određivanje plamišta i gorišta uzoraka iznad 100 °C korišten je uređaj tvrtke *Walter Herzog*, tip *Cleveland-Semi Automatic*, s otvorenom posudom, a za temperature ispod 100 °C korišten je uređaj iste tvrtke, tip *Pensky-Martens Semi Automatic*, sa zatvorenom posudom. Postupak je proveden sukladno normama DIN ISO 25925 i DIN 51758.⁷ Tijekom izvođenja pokusa određivanja plamišta i gorišta praćena je i vrijednost atmosferskog tlaka u laboratoriju pomoću barometra No. 99060 tvrtke *G. Lufft Mess-und regeltechnik*.

Tablica 1. Plamište i klase opasnosti^{1,19}

Klasa opasnosti	Točka paljenja (plamište) [°C]	Metoda	Norma
I.	Ispod + 21	Zatvorena posuda Abel-Pensky	DIN 54155
II.	Ispod + 55	Zatvorena posuda Abel-Pensky	DIN 54155
III.	Do 100	Zatvorena posuda Pensky-Martens	DIN 51758
Bez klase opasnosti	Preko 100	Otvorena posuda Cleveland	DIN 51375

Tablica 2. Prikaz vrijednosti dinamičke viskoznosti, gustoće i kinematičke viskoznosti čistih ulja za različite temperature

ϑ , °C	MO-A			SO-A			MO-B			SO-B		
	η [Pa·s]	ρ [kg/dm ³]	ν [mm ² /s]	η [Pa·s]	ρ [kg/dm ³]	ν [mm ² /s]	η [Pa·s]	ρ [kg/dm ³]	ν [mm ² /s]	η [Pa·s]	ρ [kg/dm ³]	ν [mm ² /s]
20	0,2797	0,862	324,3	0,155	0,851	182,1	0,2805	0,879	319,10	0,1530	0,842	181,70
40	0,0937	0,849	110,2	0,059	0,838	70,33	0,0960	0,866	110,90	0,0575	0,829	69,40
100	0,0115	0,811	14,25	0,009	0,801	11,76	0,0124	0,828	15,02	0,0090	0,791	11,14

Tablica 3. Prikaz plamišta, gorišta i indeksa viskoznosti čistih ulja

	MO-A	SO-A	MO-B	SO-B
Plamište, °C	224,5	226,5	222	219
Gorište, °C	245,0	241,0	241	243
Indeks viskoznosti (VI)	134,0	157,0	141	153

Tablica 4. Prikaz dinamičke viskoznosti, specifične gustoće, kinematičke viskoznosti i plamišta čistih goriva

	BENZIN EUROSUPER 95 (ES 95)	EURODIZEL (ED)
η , Pa·s (20 °C)	0,003	0,0075
ρ , kg/dm ³ (20 °C)	0,745	0,825
ν , mm ² /s (20 °C)	4,03	9,09
plamište, °C	< 0	> 55

2.2 Smjese goriva i mazivih ulja

Za uzorke ulja odabrana su dva mineralna i dva sintetička motorna ulja od dvaju proizvođača prisutnih na hrvatskom tržištu.

Za daljnje analize dodijeljene su im oznake:

- proizvođač A (SAE 15W-40; API SJ/CF): mineralno ulje, označava se s „MO-A“;
- proizvođač A (SAE 5W-30; API SL/CF): sintetičko ulje, označava se sa „SO-A“;
- proizvođač B (SAE 15W-40; API SG/CD): mineralno ulje, označava se s „MO-B“;
- proizvođač B (SAE 5W-30; API SL/CF): sintetičko ulje, označava se sa „SO-B“.

Kao dva referentna goriva korišteni su komercijalni uzorci motornog benzina i dizelskoga goriva: benzin –Eurosuper 95 (ES 95) i dizelsko gorivo – Eurodizel (ED) preuzeti u ljetnom periodu.

ES 95 je bezolovni motorni benzin koji odgovara važećoj europskoj normi EN 228:2004, a ED gorivo odgovara važećoj europskoj normi EN 590:2004. Oba goriva sukladna su europskim zahtjevima kvalitete goriva i emisija, tj. EURO IV. zahtjevima.

Smjese koje su priređene i koje su ispitivane sastojale su se od sljedećih kombinacija maziva i goriva:

- MO-A + ES 95 (0, 0,5, 1, 3, 5 i 10 wt%);
- MO-A + ED (0, 0,5, 1, 3, 5 i 10 wt%);
- MO-B + ES 95 (0, 3 i 5 wt%);
- MO-B + ED (0, 3 i 5 wt%);

- SO-A + ES 95 (0, 1, 3 i 5 wt%);
- SO-A + ED (0, 1, 3 i 5 wt%);
- SO-B + ES 95 (0, 3 i 5 wt%);
- SO-B + ED (0, 3 i 5 wt%).

Nakon vaganja ulja u boci i ulijevanja goriva u uzorak ulja, svaki je uzorak promiješan magnetskim mješačem najmanje 60 minuta uz čvrsto zatvoren čep na boci.

3. Rezultati i diskusija

Izmjerene dinamičke viskoznosti uzoraka na 20,0 °C i 40,0 °C preračunate su u kinematičku viskoznost dijeljenjem s gustoćom. Za određivanje gustoće na višim temperaturama korišten je proračun prema normi DIN 51757 – Prilog B i jednadžbe (2) i (3).6 Pomoću jednadžbe (1) izračunata je viskoznost na 100,0 °C.

Vrijednosti atmosferskog tlaka tijekom mjerenja u laboratoriju kontrolirane su barometrom i kretale su se u granicama od 994 do 1 001 hPa, pa nije bilo potrebno korigirati mjerne rezultate.

3.1 Karakteristike čistih ulja i goriva

Osnovni parametri čistih ulja, tj. ulja nepomiješanih s gorivom, prikazani su u tablicama 2 i 3, a parametri goriva u tablici 4.

Viskoznosti ulja znatno su različite za mineralna i sintetička ulja (što je rezultat autorova odabira različitih gradacija ulja), a vrijednosti plamišta i gorišta su vrlo bliske. Svi promatrani parametri za gorivo Eurodizel viši su od parametara za benzin Eurosuper 95.

3.2 Utvrđivanje krajnjih granica razrjeđivanja

Pripremljeni su uzorci MO-A + ES95 i SO-A s masenim koncentracijama 0,5 wt%, 1 wt%, 3 wt%, 5 wt% i 10 wt% benzina. Dobiveni rezultati prikazani su u dijagramu na slici 1.

Na slici 1 vidimo da je vrijednost za plamište i gorište za oba slučaja razrjeđenja ulja benzinom od 10 wt% tolika da smjesa izlazi iz područja bez opasnosti i ulazi u područje klase opasnosti III. (prema tablici 1). Takva količina benzina u ulju MO-A i SO-A prevelika je za normalnu primjenu maziva u motoru (do 150 °C). Na slici 1 vidimo da su vrijednosti za plamišta i gorišta

Tablica 5. Prikaz dinamičke viskoznosti, specifične gustoće i kinematičke viskoznosti ulja sa 5 wt% benzina ES 95 za različite temperature

ϑ , °C	MO-A + 5% ES 95			SO-A + 5% ES 95			MO-B + 5% ES 95			SO-B + 5% ES 95		
	η [Pa·s]	ρ [kg/dm ³]	ν [mm ² /s]	η [Pa·s]	ρ [kg/dm ³]	ν [mm ² /s]	η [Pa·s]	ρ [kg/dm ³]	ν [mm ² /s]	η [Pa·s]	ρ [kg/dm ³]	ν [mm ² /s]
20	0,143	0,855	167,17	0,088	0,836	105,21	0,142	0,872	162,8	0,090	0,837	107,50
40	0,054	0,842	64,07	0,037	0,823	44,91	0,054	0,859	62,86	0,038	0,824	46,10
100	0,008	0,804	10,47	0,007	0,785	9,69	0,008	0,820	10,34	0,007	0,785	9,00

Tablica 6. Prikaz plamišta i gorišta ulja sa 5 wt% benzina ES 95

	MO-A + 5% ES 95	SO-A + 5% ES 95	MO-B + 5% ES 95
plamište, °C	144,0	91,5*	156
gorište, °C	198,5	195,0	199

* izlazi iz područja zapaljivosti tekućina „bez opasnosti“ i ulazi u područje klase opasnosti III.

smjese ulja i benzina za vrijednosti do 3 wt% razrjeđenja gorivom iznad radnih temperatura u motoru (do 150 °C), a da su vrijednosti za 5 wt% razrjeđenja gorivom ili na granici ulaska, ili su već ušle u područje očekivanih radnih temperatura. Stoga se u daljnjim ispitivanjima autori odlučuju za maksimalne vrijednosti razrjeđenja gorivom do 5wt%, smatrajući da su veće količine goriva u ulju neprikladne za praktičnu primjenu, odnosno da ih treba izbjeavati.

3.3 Rezultati mjerenja za ulja razrijeđena sa 5 wt% goriva

Parametri svih ulja u kombinacijama s razrjeđenjem svih goriva masenog udjela 5% prikazani su u tablicama 5, 6, 7 i 8.

Iz tablica 2, 3, 5 - 8 vidljivo je da su i dinamičke i kinematičke viskoznosti mineralnih ulja znatno više od sintetičkih ulja na nižim temperaturama, a povišenjem temperatura ta se razlika sve više smanjuje. Budući da su i goriva kojima se simulira razrjeđenje motornog ulja (motorni benzin i dizelsko gorivo) različitih vrijednosti viskoznosti i plamišta, postoje i razlike u svojstvima smjese – više opada viskoznost smjese ulje/benzin nego ulje/dizelsko gorivo, a slična se situacija događa i s vrijednostima plamišta i gorišta. Znatno sniženje vrijednosti plamišta (na 91,5 °C) zabilježeno je za kombinaciju SO-A i 5 wt% ES 95 benzina, uz zaključak da ta kombinacija ne daje ulje pogodno za daljnju upotrebu u motoru. Ostale su vrijednosti plamišta

uglavnom podjednake i za ostala dva mineralna ulja i drugo sintetičko ulje SO-B u kombinaciji s benzinom i kreću se u granicama od 144 do 156 °C.

U slučaju razrjeđenja ulja dizelskim gorivom do 5% masenog udjela sve su vrijednosti plamišta ostale na razmjerno visokoj vrijednosti, koja pretpostavlja da je ulje još uvijek prikladno za korištenje u motoru. To blaže smanjenje plamišta i gorišta ulja u slučaju razrjeđenja dizelskim gorivom je i očekivano jer i čisto gorivo ED ima puno više plamište od ES 95 (tablica 4).

3.4 Utjecaj udjela benzina na promjenu viskoznosti motornog ulja

Na slici 2 vidljivo je da su količine ES 95 u smjesi s mineralnim motornim uljima s masenim udjelom čak i manjim od 3 wt% dovoljne da ulje učine neprimjerenim zahtjevima SAE klasifikacije za gradaciju SAE 40 (15W-40) jer im kinematička viskoznost pada ispod propisanih 12,5 mm²/s.

U slučaju sintetičkih ulja, kritična količina benzina koja ulje može učiniti neprimjerenim za navedenu SAE klasifikaciju je 5 wt%. U slučaju ulja SO-A smjesa ne zadovoljava traženu gradaciju, a i viskoznost druge smjese sa SO-B postaje bliska minimalnoj vrijednosti od 9,3 mm²/s.

3.5 Utjecaj udjela dizelskoga goriva na promjenu viskoznosti motornog ulja

Na slici 3 može se primijetiti da pri razrjeđenju sintetičkih ulja ED-om vrijednosti viskoznosti ostaju u propisanim granicama ulja SAE 30 (5W-30) do 5 wt%, a

Tablica 8. Prikaz plamišta i gorišta ulja sa 5 wt% dizelskoga goriva ED

	MO-A + 5% ED	SO-A + 5% ED	MO-B + 5% ED
plamište, °C	201,5	194,5	204,0
gorište, °C	216,5	215,5	221,5

Tablica 7. Prikaz dinamičke viskoznosti, specifične gustoće i kinematičke viskoznosti ulja sa 5 wt% ED-a za različite temperature

ϑ , °C	MO-A + 5% ED			SO-A + 5% ED			MO-B + 5% ED			SO-B + 5% ED		
	η [Pa·s]	ρ [kg/dm ³]	ν [mm ² /s]	η [Pa·s]	ρ [kg/dm ³]	ν [mm ² /s]	η [Pa·s]	ρ [kg/dm ³]	ν [mm ² /s]	η [Pa·s]	ρ [kg/dm ³]	ν [mm ² /s]
20	0,206	0,861	239,06	0,117	0,848	137,95	0,192	0,876	219,20	0,120	0,841	142,70
40	0,072	0,849	84,79	0,046	0,835	55,65	0,066	0,864	76,40	0,047	0,829	56,70
100	0,009	0,810	12,08	0,007	0,797	9,79	0,009	0,825	10,78	0,008	0,790	9,79

u slučaju mineralnih ulja kritična granica razrjeđenja je 3 wt% za ulje MO-B. Drugo mineralno ulje sličnu vrijednost viskoznosti dobiva tek pri razrjeđenju sa 5 wt% ED-a.

3.6 Promjene plamišta i gorišta mazivih ulja pri razrjeđenju benzinom

Na slici 4 vidimo da su vrijednosti plamišta smjesa sa 3 wt% benzina redovito ispod 200 °C, a sa 5 wt% benzina bliske vrijednosti od 150 °C. Najveće smanjenje vrijednosti plamišta pokazuje ulje SO-A, kojemu plamište sa 5 wt% udjela benzina opada od početne vrijednosti 226,5 °C na 91,5 °C, pa tako iz klasifikacije opasnosti kapljevina iz klase „bez opasnosti“ ulazi u zonu klase opasnosti III. (tablica 1). Drugo sintetičko ulje SO-B pokazuje vrijednosti za plamište i gorište bliske mineralnim uljima.

Mogući razlog velikog sniženja temperature plamišta za SO-A i 5 wt% benzina mogao bi se kriti u činjenici da male količine lakših frakcija benzina mogu zaostati neotopljene u ulju SO-A i izazvati efekt identičan pojavi plamišta. Međutim, nakon njihova izgaranja, teže frakcije benzina, koje su vjerojatno dobro mješljive s uljem, ostaju u gorivu i daju vrijednosti za gorište bliske ostalim sličnim smjesama.

Vrijednosti gorišta su za sva ulja približno jednaka, s blago nižim vrijednostima za sintetička ulja.

3.7 Promjene plamišta i gorišta mazivih ulja pri razrjeđenju dizelskim gorivom

Promjene plamišta i gorišta smjesa ulja s dizelskim gorivom prikazane su na slici 5.

Razrjeđenje motornih ulja ED-om manje utječe na snižavanje plamišta i gorišta nego razrjeđenje s ES 95 (slike 4 i 5).

3.8 Praćenje stabilnosti smjese gorivo-ulje

Stabilnost smjese gorivo-ulje praćena je mjerenjem i usporedbom viskoznosti četiriju svježe pripremljenih uzoraka ulja MO-A i SO-A sa 5 wt% goriva te viskoznosti istih tih uzoraka koji su šest mjeseci čuvani u zatvorenim staklenim posudama u mraku, bez miješanja. Usporedba rezultata prikazana je na slici 6.

Na slici 6 vidimo da su promjene viskoznosti smjesa i nakon duga stajanja relativno male, u prosjeku je promjena manja od 4%. Budući da su uzorci čuvani bez miješanja, a i uljevanje uzoraka u ispitni uređaj je također izvedeno uz izbjegavanje intenzivnog miješanja uzorka, pretpostavlja se da su smjese gorivo-ulje do 5 wt% goriva stabilne smjese, odnosno da nema znatnijeg razdvajanja komponenti.

4. Zaključak

U ovome radu promatrana su tri parametra bitna za ocjenu stanja mazivog motornog ulja tijekom korištenja u motoru: viskoznost, plamište i gorište ulja.

Provedena ispitivanja na dvama tipovima motornih mazivih ulja – potpuno mineralnom (SAE klasifikacije 15W-40) od dvaju proizvođača prisutnih na hrvatskom tržištu i potpuno sintetičkom (SAE klasifikacije SAE 5W-30), također od dvaju proizvođača prisutnih na

hrvatskom tržištu, uz razrjeđenje motornim benzinom i dizelskim gorivom, upućuju na sljedeće zaključke:

A) Odabrana mineralna maziva ulja imaju višu viskoznost i niži indeks viskoznosti od odabranih sintetičkih ulja, a oba tipa ulja pokazuju podjednake karakteristike za plamište i gorište.

B) Smjese ulje-gorivo od 5 wt% goriva i nakon 180 dana nemiješanja i čuvanja u tami ostaju stabilne, odnosno praćenjem njihovih viskoznosti nije primijećena promjena u dinamičkoj viskoznosti veća od 4%.

C) Svim uljima opadaju viskoznost, plamište i gorište uz dodavanje benzina ili dizelskoga goriva. Viskoznost ulja u slučaju dodavanja benzina više opada nego u slučaju jednakih dodanih količina dizelskoga goriva.

S povećanjem udjela goriva viskoznost sintetičkih ulja manje opada nego u slučaju mineralnih ulja. Viskoznost obaju mineralnih ulja sa 5 wt% masenog udjela goriva više ne zadovoljava tražene karakteristike SAE 40 prema klasifikaciji SAE J300, pa mineralna ulja mijenjaju klasu iz SAE 40 u SAE 30.

Oba sintetička ulja pri razrjeđenju s do 3 wt% benzina i do 5 wt% Eurodizela ostaju u svojoj klasi viskoznosti SAE 30, prema klasifikaciji SAE J300, a pri razrjeđenju sa 5 wt% benzina postoji mogućnost prelaska u klasu SAE 20.

D) Prodorom benzina u količini od 10% masenog udjela uljima MO-A i SO-A temperatura plamišta opada na mjeru neprihvatljivu za primjenu (ispod 50 °C).

E) Gorišta svih ulja razrijeđenih sa svim gorivima do 5% masenog udjela uglavnom su iznad maksimalno očekivanih radnih temperatura od 150 °C, što znači da bi ulja s tom količinom razrijeđena goriva mogla biti kratkotrajno prikladna za upotrebu.

Dobiveni podaci u suglasju su s dostupnim podacima iz literature, u kojima se kao moguće granične vrijednosti primjene spominju količine goriva u ulju od 4 ili 5%, a količine od 7 ili 10% goriva u ulju označene su kao neprikladne.



Autori:

Davor Ljubas, Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu

Hrvoje Krpan, Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu

Ivica Matanović, Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu

UDK: 665.765 : 662.75 : 532.13 : 544.452.1

665.765	motorno ulje
662.75	gorivo
532.13	viskoznost
544.452.1	plamište, gorište