

**SERBIATRIB'07**  
**10<sup>th</sup> International Conference on Tribology**  
**and**  
**WORKSHOP'07**  
**Sustainable Development in Industry by Apply Tribology Knowledge**

---

---

**EKSPLOATACIONO ISPITIVANJE MENJAČKOG ULJA SA  
ASPEKTA DIJAGNOSTIKE STANJA I ODRŽAVANJA  
TRIBOMEHANIČKOG SISTEMA**

**Mr Perić Sreten, dipl. inž.**, Vojna akademija, Pavla Jurišića Šturma 33, Beograd  
**Dr Pešić Zoran, dipl. inž.**, Vojna akademija, Pavla Jurišića Šturma 33, Beograd  
**Prof. dr Nedić Bogdan, dipl. inž.** Mašinski fakultet, Sestre Janjića 6, Kragujevac

**Rezime**

*Menjački prenosnici guseničnih vozila spadaju među najopterećenije mehaničke prenosnike snage, pa je logično da se sredstvima za njihovo podmazivanje poklanja posebna pažnja. Pritisци na kontaktnim površinama spregnutih zuba zupčanika su izuzetno visoki što dovodi do razbijanja uljnog filma podmazivanja, posebno u uslovima pojave udarnih opterećenja. Pri takvim uslovima se razvijaju visoke temperature kontaktna, koje razgrađuju molekule ulja. Imajući u vidu ove činjenice, hipoidna ulja namenjena za ovu vrstu upotrebe imaju ograničen eksploatacioni vek. Pri preopterećenju ili pregrevanju menjačkog prenosnika javlja se termooksidacija ulja i stvaranje toplih taloga, smolastih, lepljivih i korozivnih materija. U tom smislu posebno je značajno da se, zavisno od uslova korišćenja i načina održavanja guseničnog vozila, istražuju mogućnosti za optimizaciju sledećih aktivnosti:*

- *pravilnost izbora sredstva za podmazivanje,*
- *redovnost praćenja kvaliteta ulja i*
- *pravilnost određivanja trenutka izmene uljnog punjenja na funkcionisanje menjačkog prenosnika.*

**Ključne reči:** *transmisiono ulje, menjački prenosnik vozila, tribologija, podmazivanje.*

**Abstract**

*Tracked vehicle transmission gears are among the most loaded mechanical shafting equipment, so it is quite logical that lubricants are of special importance. Pressures on contact surfaces of gears are extremely high, thus resulting in breaking lubrication oil film, especially under the conditions of excessive impact load. Those conditions cause high contact temperatures, which decompose oil molecules. Bearing these facts in mind, hypoid oils designed for this kind of use have limited usage life. In case when transmission gear is overloaded or overheated, oil thermo oxidation occurs and hot precipitates, as well as resinous, adhesive and corrosive substances are created. Considering all this, and depending on the conditions under which a tracked vehicle is used and how it is maintained, it is of special importance to search for the ways of optimizing the following activities:*

- *Adequate selection of the lubricants,*
- *Regular inspection of oil quality, and*
- *Adequate time interval selection at which oil filling is changed and its influence upon transmission gear operation.*

**Key words:** *transmission oil, vehicle transmission gear, tribology, lubrication*

**1. UVODNA RAZMATRANJA**

Ulja za podmazivanje imaju niz osnovnih funkcija koje moraju ispuniti, a osim toga imaju i jedan poseban zadatak da, vršeći svoju funkciju

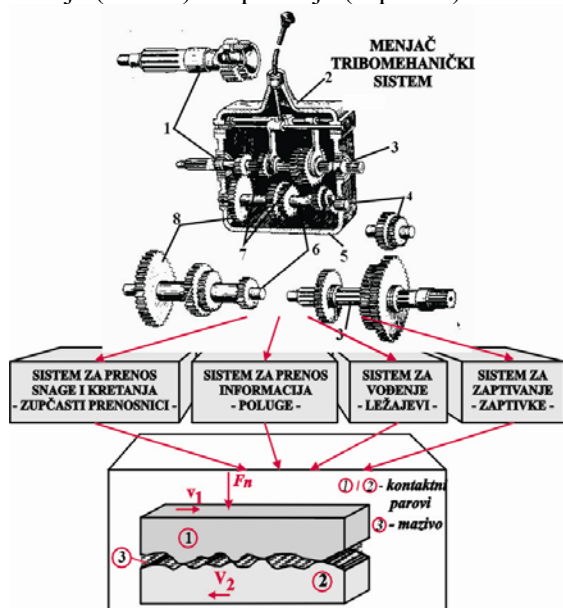
ne degradiraju ostale funkcije menjača. Osnovne funkcije koje menjačko ulje mora izvršiti su:

- sposobnost nošenja opterećenja kod svih radnih uslova,
- svojstvo protiv zaribavanja i habanja,
- svojstvo stabilnosti,

- sposobnost zaštite od korozije,
- odsutnost štetnih uticaja na zaptivače,
- sposobnost prigušenja bučnog rada i vibracija,
- svojstvo protiv penušanja,
- svojstvo hlađenja i čišćenja,
- svojstvo kompatibilnosti.

Vozilo predstavlja skup veoma složenih tribomehaničkih sistema sastavljenih od niza podsistema koji predstavljaju takođe složene tribomehaničke sisteme. To su svi sklopovi koji učestvuju u prenosu snage, odnosno obrtnog momenta od motora, preko sklopova transmisije (menjača, razvodnika pogona, diferencijala i ostalih sklopova) do izvršnih organa vozila.

Primer složenog tribomehaničkog sistema predstavlja i menjač vozila, slika 1. Ovaj sistem se sastoji od elemenata za prenos snage i kretanja (zupčanici i ožljebljena vratila), elemenata za prenos informacija (poluge), elemenata za vođenje (vodice) i zaptivanje (zaptivke).



Slika 1. Menjač vozila kao tribomehanički sistem

Svaki od navedenih elemenata menjača se može dalje razložiti i analizirati kao skup posebnih tribomehaničkih sistema, kao što su zupčasti parovi, ležajevi i dr. Takođe, svaki zupčasti par se dalje može analizirati (posmarati) kao pojedinačni element koji ostvaruju kontakt. I na kraju svaki bok zuba zupčanika (ili kuglica kotrljajnog ležaja) se može posmatrati kao elementarna jedinica tribomehaničkog sistema.

Elementi menjačkog prenosnika kao realnog tribomehaničkog sistema izvršavaju svoju funkciju u veoma složenim uslovima koji su dobrim delom određeni karakteristikama maziva. Složenost

uslova je određena temperaturom elemenata u kontaktu, temperaturom maziva, spoljašnjim opterećenjem, odnosno specifičnim pritiskom u zoni kontakta, dinamičkim karakterom ostvarivanja kontakta i prenosa snage i kretanja i dr.

Za vreme eksploatacije vozila, menjački prenosnik je izložen vremenski promenljivim, dinamičkim i nestacionarnim opterećenjima koja su funkcija čitavog niza faktora, kao što su: brzina vozila, kvalitet i uslovi puta, način vožnje, vremenski uslovi, intenzitet korišćenja, itd. Promene eksploatacionih režima dovode do promene radnih opterećenja elemenata, sila i koeficijenata trenja kontaktnih površina, povećanja radne temperature i habanja, te oštećenja elemenata sistema za sinhronizaciju i prenosnika snage uopšte. Proces nastali na taj način manifestuju se neželjenim efektima koji se mogu identifikovati kroz gubitke materijala, energije, kretanja, funkcionalnosti i pouzdanosti, smanjenje veka trajanja i rast troškova održavanja.

Neposredno učešće maziva u kontaktnim procesima menjačkog prenosnika kao tribomehaničkog sistema, sa osnovnim zadatkom da spreči direktan dodir površina elemenata, daje mu posebnu ulogu sa aspekta održavanja. Ova uloga dobija još više na značaju ako se zna da je mazivo nosilac informacija o stanju menjačkog prenosnika u celini, pri čemu se posebna pažnja posvećuje procesima koji utiču na funkcionalnost i pouzdanost. Značaj ovih informacija dolazi do izražaja pri monitoringu i dijagnostici sistema, jer analiza ulja može da ukaže na znake potencijalnih problema koji vode ka otkazu, kao i da omogući sagledavanje uticaja maziva na funkcionisanje sistema.

Analize veoma velikog broja otkaza složenih tribomehaničkih sistema su pokazale da postoji povezanost između nastalog otkaza i promena maziva (odnosno ulja za podmazivanje). Otkaz tribomehaničkog sistema može nastupiti usled promene svojstava ulja za podmazivanje ili promena karakteristika ulja za podmazivanje može doći usled otkaza pojedinih ostalih elemenata tribomehaničkog sistema.

## 2. REZULTATI ISPITIVANJA KARAKTERISTIKA MENJAČKIH ULJA TOKOM EKSPLOATACIJE

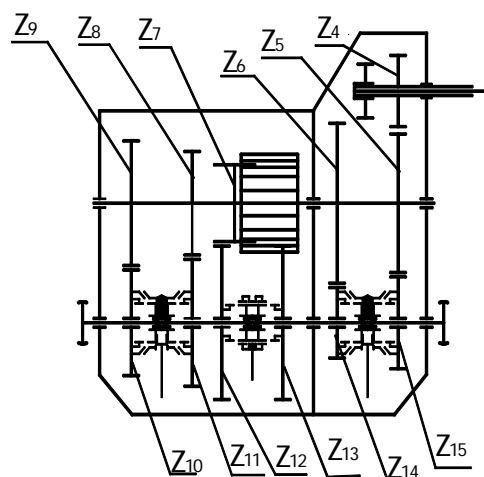
U ovom delu rada prikazani su rezultati dela eksperimentalnih ispitivanja menjačkih ulja guse-ničnih vozila u Laboratoriji za pogonska sredstva.

Dozvoljene količine pojedinih elemenata u korišćenom menjačkom ulju i dozvoljene vrednosti odstupanja fizičko-hemijskih karakteristika novog i korišćenog ulja date su u tabeli 1.

U menjaču je korišćeno ulje SAE 80W-90 kvaliteta API GL-5. Za vreme ispitivanja gusenična vozila su korišćena u uslovima terenske vožnje.

U tabeli 2 prikazani su rezultati laboratorijskih ispitivanja nultog uzorka (novog ulja), a u tabeli 4 rabljenih (korišćenih) uzoraka ulja SAE 80W-90, API klasifikacije GL-5.

U tabeli 3 prikazani su primenjeni testovi i metode za određivanje fizičko-hemijskih karakteristika ispitivanog ulja za menjačke prenosnike.



Slika 2. Kinematska šema razmatranog menjača

Tabela 1. Dozvoljene vrednosti odstupanja fizičko-hemijskih karakteristika ulja

Fizičko-hemijske karakteristike ulja i produkata habanja	Max dozvoljena odstupanja
Viskoznost na 100 °C, mm <sup>2</sup> /s	15%
Viskoznost na 40 °C, mm <sup>2</sup> /s	15%
Indeks viskoznosti, %	± 5 %
TAN, mgKOH/gr	3 mgKOH/gr
Nerastvorni talog u toluenu, %	0,50 %
Produkti habanja - sadržaj Fe, ppm	500 ppm

Tabela 2. Vrednosti osnovnih fizičko – hemijskih karakteristika novog ulja SAE 80W-90

Karakteristika	Vrednost
Izgled	bistar, proziran
Boja	ASTM 5,0
Gustina na 15 °C, g/cm <sup>3</sup>	0,902
Viskoznost na 40 °C, mm <sup>2</sup> /s	212,5
Viskoznost na 100 °C, mm <sup>2</sup> /s	18,27
Indeks viskoznosti	97
Tačka paljenja (COC), °C	216
Tačka stinjavanja, °C	-18
Penušanje (sekvenca I, II i III)	0/0
Korozivnost na bakar, 100 °C/3	1 <sup>a</sup>
TAN, mgKOH/gr	0,9
Sadržaj vode, %	0

Tabela 3. Primenjeni testovi i metode za određivanje fizičko – hemijskih karakteristika ispitivanog ulja za menjačke prenosnike guseničnih vozila

Red. broj	Karakteristike	Jedinice	Metode
1	Izgled	Ocean	Vizuelno
2	Boja	ASTM skala	JUS B. H8. 066
3	Gustina na 15 °C	g/cm <sup>3</sup>	JUS B. H8. 015
4	Kinematska viskoznost	mm <sup>2</sup> /s	JUS B. H8. 022
5	Indeks viskoznosti	jedinice	JUS B. H8. 024
6	Tačka paljenja	°C	ISO 2592
7	Tačka tečenja	°C	ISO 3016
8	Tendencija penušanja/stabilnost	ml/ml	ASTM D 892
9	Korozivnost na bakru	ASTM etalon	ISO 2160
10	TAN	mgKOH/g	ASTM D 664
11	Antihabajuće osobine	Ni mm	ASTM D 2783
12	Nerastvorni talog u toluolu	%	ASTM D 893
13	Sadržaj bakra	µg/g	ASS

Tabela 4. Vrednosti praćenih fizičko-hemijskih karakteristika korišćenog menjačkog ulja SAE 80W-90, API klasifikacije GL-5 tokom eksploatacije guseničnih vozila

Karakteristika	Vrednost nakon motočasnova rada												
	0 uzorak	Gusenično vozilo broj 1				Gusenično vozilo broj 2				Gusenično vozilo broj 3			
		42 mč	111 mč	217 mč	349 mč	42 mč	111 mč	217 mč	349 mč	42 mč	111 mč	217 mč	349 mč
Boja	ASTM 5,0	Crna	Crna	Crna	Crna	Crna	Crna	Crna	Crna	Crna	Crna	Crna	Crna
Gustina na 15 °C, g/cm <sup>3</sup>	0,902	0,903	0,907	0,909	0,913	0,905	0,908	0,91	0,915	0,906	0,911	0,916	0,919
Viskoznost na 40 °C, mm <sup>2</sup> /s	212,5	215,2	223,8	226,1	229,6	216,3	224,7	226,6	230,3	223,6	224,9	227,2	231,1
Viskoznost na 100 °C, mm <sup>2</sup> /s	18,27	18,53	18,96	19,16	20,15	18,76	19,12	19,56	20,34	19,05	19,63	20,04	20,71
Indeks viskoznosti	97	97	96	96	96	98	95	96	96	98	97	96	96
Tačka paljenja, °C	216	218	221	225	227	220	224	229	230	222	226	230	231
Tačka stinjanja, °C	-18												
TAN, mgKOH/gr	0,9	1	1,25	2	2,6	1,1	1,7	2,4	2,7	1,2	1,9	2,5	2,75
Penušanje, ml/ml	0/0												
Sadržaj vode, %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nerastvoreni talog u toluenu, %	0	0,03	0,06	0,08	0,15	0,05	0,07	0,1	0,17	0,09	0,13	0,19	0,25
Sadržaj Fe, ppm	0	2,5	41	270	349	76	260	375	670,5	112	335	536,5	873,4

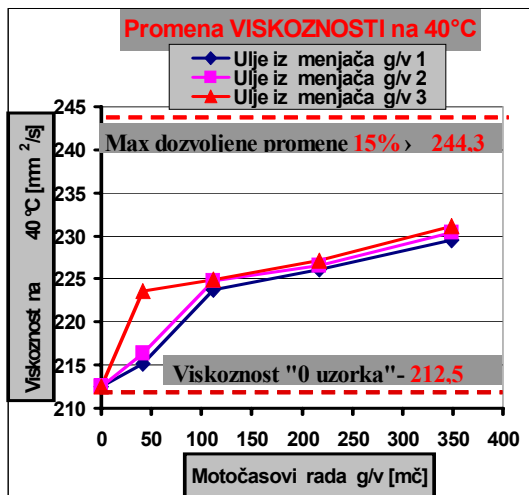
Cilj realizovanog ispitivanja bila je provera intervala zamene menjačkog ulja na 500 mč, pravilnost izbora sredstva za podmazivanje, te redovnost praćenja kvaliteta ulja. Program ispitivanja obuhvatao je:

- Uzorkovanje i analizu karakteristika ulja u toku korišćenja guseničnog vozila, radi određivanja stanje ulja tako da se na osnovu njega mogu potvrditi ili opovrgnuti aktivnosti održavanja koje bi obezbedile najniže troškove i preventivno uticale na smanjenje verovatnoće pojave većih sekundarnih oštećenja elemenata.
- Registrovanje prikupljenih, merljivih i pouzdanih informacija o stanju procesa trenja i habanja u kome ulje neposredno učestvuje preko kontaktnih procesa u menjačkom prenosniku. Ove informacije zasnivaju se na količini i karakteristikama produkata habanja. Trend intenzivnog rasta količine produkata habanja ukazuje na prelazak kontaktnih elemenata menjačkog prenosnika iz normalnog u kritično (havarijsko) habanje, što u krajnjem ishodu neminovno mora dovesti do otkaza.
- Sa aspekta stanja kontaktnih elemenata, prvenstveno zubaca spregnutih zupčanika, ustanoviti mogućnost detekcije simptoma procesa koji dovode do otkaza u momentu u kome je moguće preduzeti preventivne aktivnosti. Ovo će zavisiti od činjenice da li otkaz sistema generiše u ulju za podmazivanje merljive simptome koji se mogu koristiti za utvrđivanje nastajanja otkaza.
- Identifikacija stanja menjačkog prenosnika guseničnog vozila bez narušavanja njegove funkcije praćenjem kontaminacije ulja u toku korišćenja menjačkog prenosnika, u uslovima kada otkazi nastaju prvenstveno usled habanja elemenata i promene svojstava ulja.
- Usvajanje promena fizičko-hemijskih karakteristika ulja i promena koncentracije produkata habanja, kao i pojave kontaminata u ulju kao parametara za ocenu stanja menjačkog prenosnika guseničnog vozila.
- Analiza primenjenog ulja za podmazivanje razmatranog menjačkog prenosnika prvenstveno sa aspekta njegove viskoznosti.

Trend promene viskoznosti uzorkovanih rabljenih ulja iz guseničnih vozila ilustrovan je na slikama 3 i 4. Na istima je vidljiv konstantan rast viskoznosti u toku eksploatacije. Porast veličine viskoznosti, u odnosu na početnu vrednost, ukazuje na proces oksidacije ulja ili kontaminaciju ulja vodom i nečistoćama, te produktima habanja. U konkretnom slučaju nije bilo kontaminacije ulja vodom, jer se ni u jednom

uzorku tokom analize nije pojavila voda, na što ukazuje i ispitivanje uzoraka na penušanje (jedan od uzroka penušanja jeste prisutnost vode u ulju). Zaključujemo da je jedan od osnovnih razloga povećanja viskoznosti *oksidacija ulja*, ali i *kontaminacija ulja produktima habanja, prvenstveno gvoždem*.

Čestice koje su dospale u ulje, posebno od katalitičkih metala (gvožđe), izazvale su povećanje intenziteta oksidacionih procesa koji lagano napadaju ulje pri čemu su nastale kisele forme i



Slika 3. Promena viskoznosti na 40°C uzorkovanih menjačkih ulja

nerastvorljivi produkti, koji predstavljaju interne kontaminante.

Takođe, one lišavaju iz ulja polarne molekule aditiva, pre svega antihabajuće i EP aditive, inhibitore korozije i disperzante. Dalje, veoma fine čestice u stabilnoj uljnoj suspenziji uzrokovale su porast viskoznosti ulja.

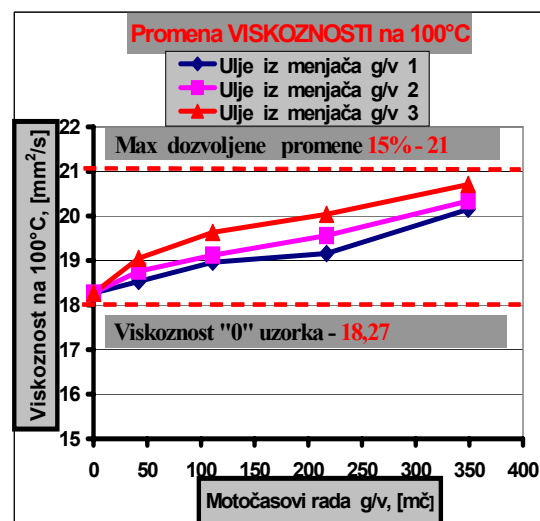
Porast viskoznosti na temperaturi 40°C za celokupan period uzorkovanja, za menjački prenosnik guseničnog vozila 1 iznosi 8,05 %, guseničnog vozila 2 je 8,37%, a guseničnog vozila 3 iznosi 10,9%. S obzirom da dozvoljena odstupanja viskoznosti na 40°C iznose max 15% u odnosu na početne vrednosti može se zaključiti da uzorkovana ulja zadovoljavaju po ovome kriterijumu za sva tri gusenična vozila.

Porast viskoznosti na temperaturi 100°C za celokupan period uzorkovanja, za menjački prenosnik guseničnog vozila 1 iznosi 10,29 %, guseničnog vozila 2 je 11,33 %, a guseničnog vozila 3 iznosi 13,35%.

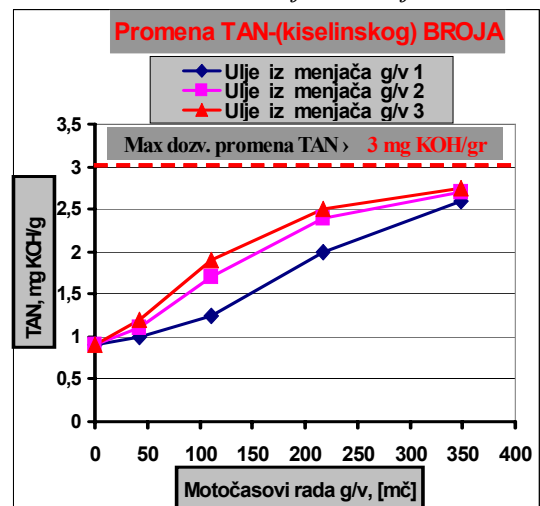
Eventualni **pad viskoznosti ulja** može biti posledica *mešanja sa uljem niže viskoznosti* ili zbog *smicanja poboljšivača viskoznosti*. Takođe, pad viskoznosti je u korelaciji sa *padom tačke paljenja*. Uzroci mogu biti *visoka temperatura,*

*opterećenje, nekontrolisano dug interval upotrebe, nedovoljna količina ulja u uljnom sistemu, neefikasno hlađenje menjačkog prenosnika* i sl.

Kao što je ilustrovano na *slici 5*, ispitivani uzorci ulja iz sva tri gusenična vozila imaju **trend rasta TAN** što ukazuje na povećanu degradaciju ulja tokom eksploatacije, opet prvenstveno oksidaciju ulja. Do kraja eksploatacionog ispitivanja promena ukupnog kiselinskog broja za *prvo gusenično vozilo* iznosila je **66,7%** od maksimalno dozvoljene promene koja bi ukazivala na potrebu izmene uljnog punjenja u menjačkom prenosniku; za *drugo gusenično vozilo* **69,2%** i za *treće gusenično vozilo* **70,5%**.



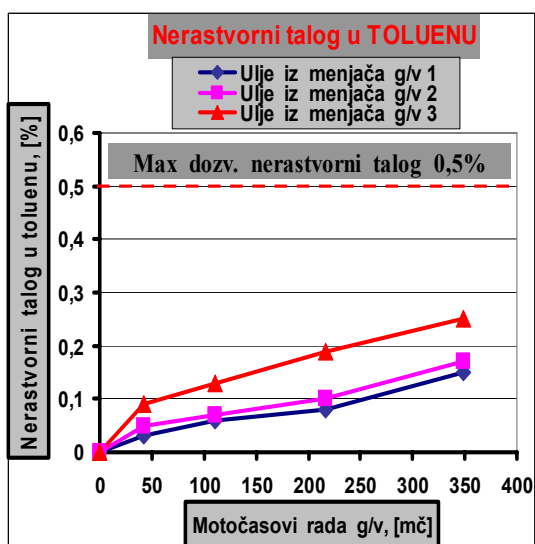
Slika 4. Promena viskoznosti na 100°C uzorkovanih menjačkih ulja



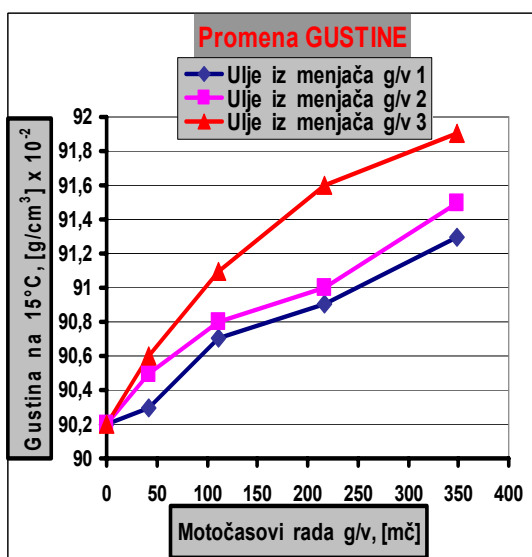
Slika 5. Promena TAN (kiselinskog broja) uzorkovanih menjačkih ulja

Kod mineralnih ulja sa manje aditiva TAN brzo raste, dok kod ulja koja imaju visok sadržaj aditiva TAN u početnom periodu eksploatacije opada, a zatim dobija rastući karakter.

**Nerastvorni talog u toluenu** – Za vreme eksploatacije dolazi do starenja odnosno degradacije hipoidnog ulja pri čemu se formiraju određene vrste polimernih nerastvornih taloga u uljnom punjenju. Sadržaj navedenih nerastvornih taloga, prikazan na *slici 6*, do kraja eksploatacionih ispitivanja nije prevazilazio 30% iznosa od maksimalno dozvoljene vrednosti za prvo gusenično vozilo, 34% vrednosti za drugo gusenično vozilo i 50% vrednosti za treće gusenično vozilo.

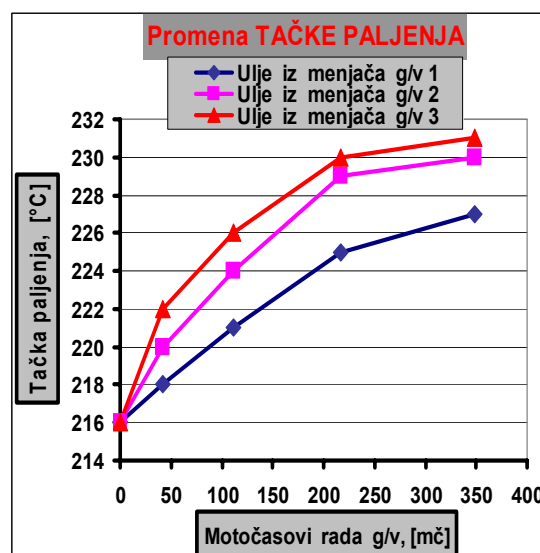


Slika 6. Nerastvorni talog u toluenu uzorkovanih menjačkih ulja



Slika 7. Promena gustine uzorkovanih menjačkih ulja

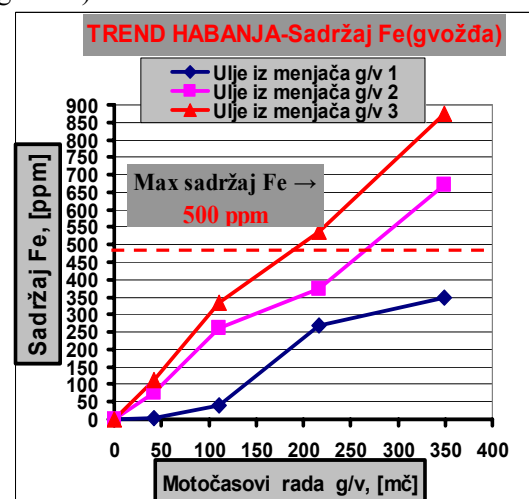
**Promena gustine**, prikazana na *slici 7*, ima trend blagog rasta izražen tokom celog perioda eksploatacije za sva tri gusenična vozila. Porast gustine mineralnih ulja je u funkciji povećanja molekulske mase, zavisno od preovlađujućeg sadržaja određene vrste ugljovodonika.



Slika 8. Promena tačke paljenja uzorkovanih menjačkih ulja

**Rast tačke paljenja kod menjačkih ulja** ukazuje na proces oksidacije (starenja) ulja ili isparavanja lakoisparljivih komponenti. Dakle, ulje, kod sva tri gusenična vozila kod kojih je vršeno uzorkovanje, ima trend konstantnog rasta (*slika 8*) tačke paljenja što je još jedan neminovni pokazatelj oksidacije ulja.

Karakterističan konstrukcioni element menjačkog sklopa guseničnog vozila čiji elementi se u toku rada «troše», odnosno habaju jeste čelik (gvožđe).



Slika 9. Promena produkata habanja-gvožđa uzorkovanih menjačkih ulja

**Sadržaj gvožđa**, kao produkta habanja, u uljnom punjenju do kraja eksploatacionog ispitivanja je imao rastući trend (prikazano na *slici 9*) i na poslednjem uzorkovanju je iznosio 69,8% od maksimalno dozvoljene vrednosti za prvo gusenično vozilo; 134% za drugo gusenično

vozilo i 174,6% za treće gusenično vozilo. Eksploatacioni kriterijumi za zamenu hipoidnog uljnog punjenja do kraja eksploatacionog ispitivanja za *čelik (gvožđe)* u znatnoj meri prevazilaze dozvoljenu granicu za drugo i treće gusenično vozilo, što zahteva prevremenu izmenu uljnog punjenja u menjačkim prenosnicima ovih vozila. Ovo proizilazi iz činjenice da je dovoljan uslov za izmenu uljnog punjenja da samo jedan od kriterijuma (fizičko-hemijskih karakteristika i karakteristika habanja) datih u *tabeli 1* ne zadovoljava vrednosti maksimalno dozvoljenih odstupanja od početnih vrednosti.

Činjenica je da u menjačkim prenosnicima guseničnog vozila 2 i guseničnog vozila 3 imamo intenzivno habanje elemenata menjačkog prenosnika koji su sačinjeni od gvožđa (čelika). Produkti habanja su izazvali kontaminaciju ulja znatno iznad dozvoljene granice i sada počinje intenzivna degradacija ulja koja će biti sve intenzivnija usled njihovog katalitičkog delovanja. Može se zaključiti da ovako intenzivan rast koncentracije gvožđa, kao produkta habanja, gotovo sigurno vodi ka otkazu elemenata menjačkog prenosnika koji se međusobno nalaze u relativnom kretanju. U uzorcima nije bilo **pojave vode**, kako u nultom uzorku, tako ni u uzorcima uzimanim tokom eksploatacije sva tri gusenična vozila. Voda je nepoželjni kontaminat u ulju, a najviše je prisutan tečni kontaminat ulja za podmazivanje i vodi poreklo iz okruženja ili je rezultat kondenzacije. To nam pokazuje da voda nije bila uzročnik degradacije ulja u pogledu oksidacije, razaranja uljnog filma, izazivanja korozije, stvaranja taloga i hidrolizi pojedinih aditiva.

Takođe, za slučaj uzorkovanih ulja iz menjačkih prenosnika guseničnih vozila nismo imali pojavu **penušanja**.

## ZAKLJUČAK

- Za vreme eksploatacije analizirano menjačko ulje SAE 80W-90, kvaliteta API GL-5 nije ostvarilo svoju osnovnu funkciju i zadovoljilo predviđeni interval zamene od 500 mč u menjačima guseničnih vozila 2 i 3 što je ustanovljeno analizom karakterističnih fizičko-hemijskih osobina ulja i koncentracijom produkata habanja – gvožđa tokom eksploatacije,
- tokom celokupnog uzorkovanja iz menjača sva tri g/v evidentan je rast viskoznosti. Maksimalni rast viskoznosti tokom eksplo-

atacije ulja je manji od dozvoljene granice 15% za sva tri g/v,

- Degradacija ulja SAE 80W-90 u toku ispitivanja praćena je kroz porast ukupnog kiselinskog broja – TAN i kroz porast nerastvornog taloga (u toluenu). Obe karakteristike su pokazale promene koje su ispod maksimalno dozvoljenih vrednosti.
- **Tačka paljenja**, kod sva tri gusenična vozila kod kojih je vršeno uzorkovanje, ima trend konstantnog rasta ukazujući na proces oksidacije (starenja) ulja.
- **sadržaj gvožđa** kod guseničnog vozila dva (134%) i tri (174,6%) daleko prevazišao maksimalno dozvoljenu vrednost, što uslovljava izmenu uljnog punjenja u menjačkim prenosnicima ova dva vozila, ali i potrebu za preduzimanjem aktivnosti održavanja na navedenim sklopovima,
- u uzorcima nije bilo pojave vode.

Izvršenom analizom ulja, tokom eksploatacije, nije izvršeno samo konstatovanje kritičnih posledica degradacionih procesa koji su doveli do predotkaznog stanja komponenti menjačkih prenosnika, već su pravovremeno defektovani sami procesi degradacije ulja, na osnovu čega je potrebno preventivno, a u skladu sa savremenim koncepcijama sve više i proaktivno, preduzimiti odgovarajuće aktivnosti održavanja.

## LITERATURA

1. Pešić Z., „Identifikacija triboloških procesa u menjaču vozila sa aspekta optimalnog održavanja“, doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Kragujevac, 1998.
2. Ivković B., Rac A., Savić V., «Tribologija i podmazivanje», FTN, 1995., Novi Sad.
3. Pešić Z., Nedić B., «Fizičko hemijske i tribološke karakteristike ulja za podmazivanje», Osma internacionalna konferencija o tribologiji, 08.10.-10.10.2003., Beograd
4. Vukadinović Z., «Ispitivanje uticaja maziva na trajnost sinhronne grupe menjača», magistarski rad, Mašinski fakultet Kragujevac.
5. Perić S. „Uticaj načina eksploatacije menjačkog prenosnika g/v na fizičko hemijske karakteristike sredstva za podmazivanje“ magistarski rad, Mašinski fakultet Beograd 2006.
6. Babić M., «Monitoring ulja za podmazivanje», Mašinski fakultet, Kragujevac, 2004.