

PROMENA FIZIČKO-HEMIJSKIH KARAKTERISTIKA SREDSTAVA ZA HLAĐENJE MOTORA TOKOM EKSPLOATACIJE VOZILA

Major mr Sreten Perić, Vojna akademija

Rezime:

Identifikacija stanja sistema hlađenja bez narušavanja njegove funkcije, u uslovima kada do otkaza dolazi, pre svega, usled promene fizičko-hemijskih svojstava rashladnog sredstva motora, ima velike tehničke i ekonomske efekte. Kako se promena funkcionalnosti složenog sistema hlađenja najčešće ogleda u promenama karakteristika sredstva za hlađenje, promena fizičko-hemijskih karakteristika sredstva za hlađenje može se usvojiti kao parametar za ocenu stanja sistema hlađenja. Za ocenu i analizu fizičko-hemijskih karakteristika sredstva za hlađenje danas postoji veoma razvijena merna oprema.

Ključne reči: tečnost za hlađenje, antifriz, sistem za hlađenje, aditiv – inhibitor korozije

CHANGE IN PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF ENGINE COOLANTS DURING VEHICLE EXPLOITATION

Summary:

Identification of the condition of a cooling system without disturbing its function, when failures primarily occur due to changes in physico-chemical characteristics of engine cooling agents, has considerable technical and economical effects. Since change in functionality of complex cooling systems is most often a consequence of changes in the characteristics of cooling agents, the change of physico-chemical characteristics of coolants can be accepted as a parameter for evaluating cooling system conditions. There is nowadays a wide range of sophisticated measuring equipment for evaluation and analysis of physico-chemical characteristics of coolants.

Key words: coolant, antifreeze, cooling system, additive- corrosion inhibitor.

Uvod

Zimi i u vreme kada su temperature ispod 0°C i kada se voda kao sredstvo za hlađenje ne može upotrebiti primenjuju se tečnosti zvane antifrizi (*anti* protiv i *freeze* (friz) mraz, smrzavanje).

Destilovana voda, koja se primenjuje u sistemu hlađenja, na temperaturi 0°C prelazi iz tečnog u čvrsto agregatno stanje. Pri tome se povećava njena zapremina za oko 9%. Da bi sprečili oštećenje delova motora koje bi nastalo smrzavanjem destilovane vode na temperaturi ispod 0°C (pucanje glave i bloka motora, te oštećenje ostalih elemenata sistema hlađenja), čistoj vodi se dodaju odgovarajuće tečnosti koje prvenstveno imaju niske tačke mržnjenja, pa se dobijaju mešavine čije su tačke mržnjenja mnogo ispod 0°C. Ove mešavine (antifriz) moraju imati koeficijent provodljivosti toplote i specifičnu toplotu približno kao voda, kako bi se postigao isti efekat hlađenja radi održavanja optimalne radne temperature motora u zimskoj eksploataciji. Naravno da i antifrizi kao tečnosti za hlađenje moraju ispuniti i sve druge prethodno navedene zahteve.

Sve do sredine 1930. godine kao sredstvo za hlađenje primenjivan je metanol. On je dobro obavljao funkciju u pogledu tačke mržnjenja, dok su vrednosti tačke ključanja i specifični toplotni kapacitet bili ispod vrednosti koje je imala voda. Nedostatak metanola bio je i njegova velika isparljivost, pa se nova količina morala češće dodavati u sistem za hlađenje.

Od 1937. godine u vozilima počinje da se koristi novo sredstvo za hlađenje sa boljim hemijskim karakteristikama od metanola. Zbog njegovih dobrih fizičko-hemijskih karakteristika ovo novo sredstvo okarakterisano je kao stalni antifriz. Sredstvo se zasnivalo na mešavini vode i etilen-glikola. Etilen glikol ima visoku temperaturu ključanja, pa je pogodan da se koristi i u letnjem periodu, dok njegova tačka mržnjenja omogućava njegovu upotrebu na vrlo niskim temperaturama koje dostižu vrednosti i do 40°C. Etilen-glikol je otrovan.

Najvažnija komponenta antifrizu jesu inhibitori korozije. Korozioni inhibitor je hemijsko jedinjenje koje, kada se doda u maloj koncentraciji, zaustavlja ili usporava koroziju metala i legura.

Dobar korozioni inhibitor usporava koroziju za 95% kada je u koncentraciji od 80 ppm, a kada je u koncentraciji od 40 ppm usporenje je 90%. Mehanizmi kojim deluju korozioni inhibitori su: formiranje pasivnog sloja (tanak film na površini materijala koji onemogućava dodir sa korozivnim supstancama), usporavanje oksidacionog ili redukcionog dela redoks korozionog sistema, te čišćenje od kiseonika.

Neki korozioni inhibitori su heksamin, fenilendiamin, dimetiletanolamin, natrijumnitrat, cinamaldehyd, i dr. Upotrebljivost bilo koje hemikalije u konkretnom slučaju zavisi od mnogih faktora, od materijala sistema koji treba da zaštite, do prirode supstanci u koje se dodaju i njihove radne temperature.

Primer anodnog inhibitora je hromat, koji stvara pasivni sloj na površini aluminijuma i čelika, i sprečava oksidaciju metala. Upotreba hidrazina i hromata za zaštitu metalnih površina je ograničena. Nitrati su anodni inhibitori. Ako se anodni inhibitori koriste u suviše malim koncentracijama može doći do piting korozije. Piting (jamica, rupica) nastaje periodičnim variranjem vrlo visokih napreznja materijala od nule do maksimuma, što ima za posledicu zamor materijala koji je vidljiv kroz oštećenja materijala po površini i neposredno ispod nje, što izaziva uklanjanje (odlamanje) delića materijala sa površina i stvaranja karakterističnog reljefa u obliku manjih ili većih pukotina (jamica) veličine od nekoliko desetina μm do približno 0,2 mm.

Primer katodnog inhibitora je cink-oksidi, koji usporava koroziju usporavajući redukciju vode u vodonik. Kako svaka oksidacija zahteva istovremenu redukciju on usporava i oksidaciju metala. Dobar primer katodnih inhibitora su amini, koji se koriste u kotlovima koji pokreću turbine da bi se zaštitili cevovodi kojima prolazi kondenzovana voda. Ovde se amini pokreću parom. Amini povećavaju pH vrednost i time smanjuju verovatnoću redukcije protona. Inhibitor koji deluje i kao anodni i kao katodni inhibitor jeste mešoviti inhibitor.

Korozioni inhibitori često se dodaju rashladnim tečnostima, gorivima, hidrauličnim fluidima, kotlovskim vodama i mnogim drugim fluidima koji se koriste u industriji.

Antifrizi kao sredstvo za hlađenje motora

Antifrizi na bazi jednovalentnih alkohola

Od jednovalentnih alkohola kao antifrizi mogu se upotrebiti:

- metanol (metil-alkohol) + voda,
- etanol (etil-alkohol) + voda,
- izopropanol (izopropil-alkohol) +voda.

Za jednovalentne alkohole kao antifrizi karakteristično je da imaju nisku tačku mržnjenja, koja proporcionalno raste s povećanjem procenta vode u smeši vode i alkohola. Tačka mržnjenja proporcionalno se snižava ako se smanjuje procenat vode u smeši. Međutim, povećanjem procenta jednovalentnog alkohola u smeši smanjuju se: efekat hlađenja, koeficijent provodljivosti toplote i specifična toplota, kao i tačka ključanja. Kako svi jednovalentni alkoholi imaju nižu tačku ključanja od vode, tokom eksploatacije antifriza dolazi do isparavanja alkohola, a time i povećanja tačke mržnjenja.

Tabela 1 – Promena tačke mržnjenja jednovalentnih alkohola u smeši sa vodom

Procenat alkohola u vodi	Temperatura mržnjenja		
	Metil alkohol	Etil alkohol	Izo propil alkohol
od 10 do 20%	od 5 do 12°C	od 3 do 12°C	2°C
od 30 do 40%	od 20 do 34°C	od 20 do 50°C	7°C
od 50 do 60%	40°C	od 52 do 65°C	od 12 do 18°C
od 70 do 80%	97,1°C	114,15°C	od 22 do 25°C
100%			od 26 do 32°C

Iz tabele 1 se vidi da temperatura mržnjenja kod smeše metil alkohola i vode u odnosu 30:70% iznosi 20°C. Metil alkohol intenzivno isparava na 70°C, a ključa na 81°C pri normalnom pritisku, što dovodi do opadanja koncentracije metanola u mešavini, čime se povećava tačka mržnjenja mešavine, pa je to negativna pojava.

Metilni alkohol koji ima najnižu tačku ključanja (64,5°C) otrovan je, dok su svi ostali zapaljivi. Za vreme „toplih“ zima, zbog smanjenja koeficijenta provodljivosti toplote i smanjenja specifične toplote, a naročito pri većoj koncentraciji alkohola može doći do ključanja antifriza, odnosno do pregrevavanja motora sa poznatim posledicama. Izopropilni alkohol je sklon penušanju, što smanjuje odvođenje toplote. Ipak, od svih jednovalentnih alkohola najpovoljniji je etilni alkohol. Međutim, zbog svojih nedostataka danas se ovi alkoholi manje koriste za hlađenje motora.

Antifrizi na bazi viševalentnih alkohola

U ovu grupu antifrizu spadaju etilen-glikol i glicerol. Etilen-glikolni antifriz se kod nas, a i u ostalim zemljama, najviše primenjuje zbog svojih višestrukih prednosti u odnosu na ostale jednovalentne i viševalentne alkohole.

Prednosti etilen-glikolnog antifrizu ili glikola su:

visoka tačka ključanja, tj. 197,5°C, pa nema bojazni da će pri normalnim, a i povišenim radnim temperaturama, doći do njegovog isparavanja,

u mešavini sa vodom moguće je postići vrlo niske tačke mržnjenja, iako čist glikol ima relativno visoku tačku mržnjenja (-17,4°C),

ako bi zbog niskih temperatura došlo do mržnjenja mešavine glikola i vode, tada nema nikakve opasnosti za blok i hladnjak motora, jer mešavina prelazi u oblik kašaste mase.

Nedostaci glikola su: u većim koncentracijama je otrovan, ali samo ako se unosi u unutrašnjost organizma (kroz usta i slično) i relativno je skup, jer se uvozi.

Karakteristike antifrizna na bazi glikola (GA 60) date su po standardu JUS H.Z2.010. Uzimanje uzoraka i priprema vodenih rastvora glikolnog antifrizna za ispitivanje predviđeno je JUS-om H.Z8.050. Budući da čist glikol ima visoku tačku mržnjenja, dodatkom vode tačka mržnjenja se snižava do donje granice, a zatim počinje ponovo da raste.

Tabela 2
Zavisnost specifične težine i temperature stinjanja od koncentracije tehničkog etilen-glikola u vodenim rastvorima

Koncentrac. etilen-glikola %	Specifična težina na 20°C	Temperatura stinjanja °C	Koncentrac. etilen-glikola %	Specifična težina 20°C	Temperat. stinjanja
26,4	1,0340	10	65	1,0853	65
27,2	1,0376	12	65,3	1,0855	65
29,6	1,0410	14	65,6	1,0860	67
32	1,0443	16	66	1,0863	68
34,2	1,0480	18	66,3	1,0866	66
36,4	1,0560	20	68,5	1,0888	64
38,4	1,0533	22	69,6	1,0900	62
40,4	1,0560	24	70,8	1,0910	60
42,2	1,0586	26	72,1	1,0923	68
44	1,0606	30	74,5	1,0960	56
45,6	1,0627	32	75,8	1,0973	54
47	1,0643	34	77	1,0983	52
48,2	1,0663	36	78,4	1,0997	50
49,6	1,0680	38	79,6	1,1007	48
51	1,0696	40	81,2	1,1023	46
52,6	1,0173	42	82,5	1,1033	44
53,6	1,0726	44	83,9	1,1043	42
54,6	1,0740	46	85,4	1,1054	40
55,6	1,0753	48	86,9	1,1066	38
56,8	1,0766	50	88,4	1,1077	36
58	1,0780	52	90	1,1087	34
59,1	1,0790	54	91,5	1,1096	32
60,2	1,0803	56	93	1,1103	30
61,2	1,0813	58	94,4	1,1105	28
62,2	1,0823	60	95,5	1,1107	27
63,1	1,0833	62	96,4	1,1110	26
64	1,0843	64	97	1,1116	24
64,8	1,0850	66	97,8	1,1120	22

Iz tabele 2 se vidi da se najniža tačka mržnjenja postiže pri koncentraciji od 72,1% tehničkog glikola, kada je tačka mržnjenja 68°C, a specifična težina 1,0923. Pošto glikol ima veću tačku ključanja od vode, pri povišenim radnim temperaturama doći će do isparavanja vode i do povećanja koncentracije glikola i još većeg sniženja temperature mržnjenja. Zbog ove pojave kod glikolnih antifrizna doliva se voda, a kod antifrizna na bazi jednovalentnih alkohola alkohol.

Antifrizi na bazi glicerina danas se kod nas vrlo retko koriste, prevashodno zbog njihove visoke cene. Za glicerina je karakteristično da ima veću specifičnu težinu (1,261) i tačku ključanja (290°C) od jednovalentnih alkohola i čiste vode. Isto tako, čist glicerina ima i veću tačku mržnjenja (17,9°C), ali malu specifičnu toplotu. Koeficijent provodljivosti toplote je veći nego kod ostalih alkohola; jedino voda ima veći. Glicerina ima, takođe, najveći viskozitet.

Glicerinski antifrizi su manje hemijski stabilni od glikolnog antifriza. I kod glicerinskog i kod glikolnog antifriza mora da se prati pH vrednost, koja treba da se kreće u granicama od 6,8 do 8,5.

Tabela 3 – Tačka mržnjenja u funkciji koncentracije glicerina

Procenat glicerina	Temperatura mržnjenja u °C
10	1,6
20	4,8
30	9,5
40	18,8
50	28,2
60	41,5
70	38,9
80	20,3
90	1,6
100	+17

Tabela 4 – Najvažnije osobine pojedinih tečnosti za hlađenje

Osobine	Metanol	Etanol	Etilen-glikol	Glicerol	Čista voda
Hemijska formula	CH ₃ OH	C ₂ H ₅ OH	C ₂ H ₄ /OH/ ₂	C ₃ H ₅ /OH/ ₂	H ₂ O
Specifična težina na 20°C	0,792	0,798	1,113	1,261	0,998
Temperatura mržnjenja °C	97,8	117,3	17,4	+17,9	0
Temperatura ključanja pri 1 atmosferi (101325 Pa)	64,5	78,5	197,2	290	100
Viskozitet pri 25°C u cPs	0,55	1,10	18,09	954	0,89
Koeficijent provođenja toplote na 30°C u Kcal/m, h °C	0,180	0,147	0,241	0,245	0,522
Toplota isparavanja pri vreli. u Kcal/kg	262,8	204	191	197,5	538,7
Temperatura paljenja °C	9	12	116–127	174	nesagoriva
Specifična toplota Kcal/kg, °C	0,600 /20°C/	0,581 /25°C/	0,571 /15°C/	0,554 /15°C/	1,000 /15°C/

Za vozilo obavezno treba koristiti antifriz izrađen na bazi etilen-gliokla koji zadovoljava standard JUS H.Z2.010. Na tržištu srećemo dva tipa antifrizu TIP 1 i TIP 3.

TIP 1 predstavlja koncentrat koji pre punjenja rashladnog sistema (hladnjaka motora) treba razblažiti, odnosno pomešati sa omekšalom vodom (kišnica, destilovana voda, prokuvana voda) do željene tačke mržnjenja.

Tabela 5 – Tačka mržnjenja u zavisnosti od smeše glikola i vode

Koncentrovani antifriz %	Voda %	Temperatura mržnjenja °C
50	50	35
45	55	30
40	60	25
35	65	18
30	70	14
25	75	11

TIP 3 jeste antifriz koji je već razblažen vodom, pa se direktno sipa u hladnjak motora. Temperatura mržnjenja iznosi najmanje 35°C.

Tabela 6 – Mešanje antifrizu i vode u hladnjaku

Do 20 °C			Do 25 °C			Do 30 °C		
Hladnjak (l)	Antifriz (l)	Voda (l)	Hladnjak (l)	Antifriz (l)	Voda (l)	Hladnjak (l)	Antifriz (l)	Voda (l)
3,0	1,0	2,0	3,0	1,2	1,8	3,0	1,3	1,7
3,5	1,3	2,2	3,5	1,4	2,1	3,5	1,5	2,0
4,0	1,4	2,6	4,0	1,6	2,4	4,1	1,8	2,3
4,5	1,6	2,9	4,5	1,8	2,7	4,5	2,0	2,5
5,0	1,8	3,2	5,0	2,0	3,0	5,0	2,2	2,8
5,5	1,9		5,5	2,2	3,3	5,5	2,4	3,1
6,0	2,1	3,9	6,0	2,4	3,6	6,0	2,6	3,4
6,5	2,3	4,2	6,5	2,6	3,9	6,5	2,9	3,6
7,0	2,5	4,5	7,0	2,8	4,2	7,0	3,1	3,9
8,0	2,8	5,2	8,0	3,2	4,8	8,0	3,5	4,5
8,5	3,0	5,5	8,5	3,4	5,1	8,5	3,7	4,8
9,0	3,2	5,8	9,0	3,6	5,4	9,0	4,0	5,0
9,5	3,3	6,2	9,5	3,8	5,7	9,5	4,2	5,3
10,0	3,5	6,5	10,0	4,0	6,0	10,0	4,4	5,6
10,5	3,7	6,8	10,5	4,2	6,3	10,5	4,6	5,9
11,0	3,9	7,1	11,0	4,4	6,6	11,0	4,8	6,2
11,5	4,0	7,5	11,5	4,6	6,9	11,5	5,1	6,4
12,0	4,3	7,7	12,0	4,8	7,2	12,0	5,3	6,7

Kontrola tečnosti za hlađenje

S obzirom na veliku zastupljenost motornih vozila u Vojsci Srbije potrebno je vršiti redovnu i kvalitetnu kontrolu, kako samih sklopova, tako i pogonskih sredstava koja se koriste u sistemima za hlađenje i podmazivanje.

Sredstvo za hlađenje mora da obezbedi zadovoljavajuću tačku mržnjenja, i da spreči pojavu korozije na vitalnim delovima motora. Kako bi imali adekvatnu sliku o karakteristikama sredstva za hlađenje potrebno je izvršiti kontrolu tog sredstva kako pri njegovoj upotrebi ne bi došlo do neispravnosti na motoru. Kontrola sredstva za hlađenje može da bude *organoleptička* i *kontrola sa instrumentima*. Obimnija kontrola obavlja se u laboratoriji Vojnotehničkog instituta.

Organoleptička kontrola obuhvata kontrolu: mirisa, boje, prisustva vode, gustine, procenu viskoznosti, mehaničkih nečistoća, moguće raslojavanje.

Kontrola boje podrazumeva da se vizuelnim putem utvrdi boja rashladnog sredstva koja može da bude: plava, zelena ili narandžastocrvena, ako se radi o rashladnim sredstvima koja imaju inhibitore korozije na bazi organskih kiselina.

Kontrola mehaničkih nečistoća je, takođe, vizuelna kontrola kojom se može utvrditi prisustvo nečistoća koje mogu da dovedu do lošeg kvaliteta sredstva za hlađenje.

Kontrola raslojavanja može da pokaže izdvajanje aditiva koji treba da spreče pojavu korozije, a njihovim izdvajanjem sredstvo za hlađenje postaje neupotrebljivo, jer aditivi nisu kompaktni sa sredstvom.

Kontrola antifrizava obavlja se i odgovarajućim instrumentima, kao što su: aerometar i hidrometar.

Kontrola tačke mržnjenja obavlja se pomoću aerometra tako što se meri specifična težina kojoj odgovara određena koncentracija glikola u vodi.

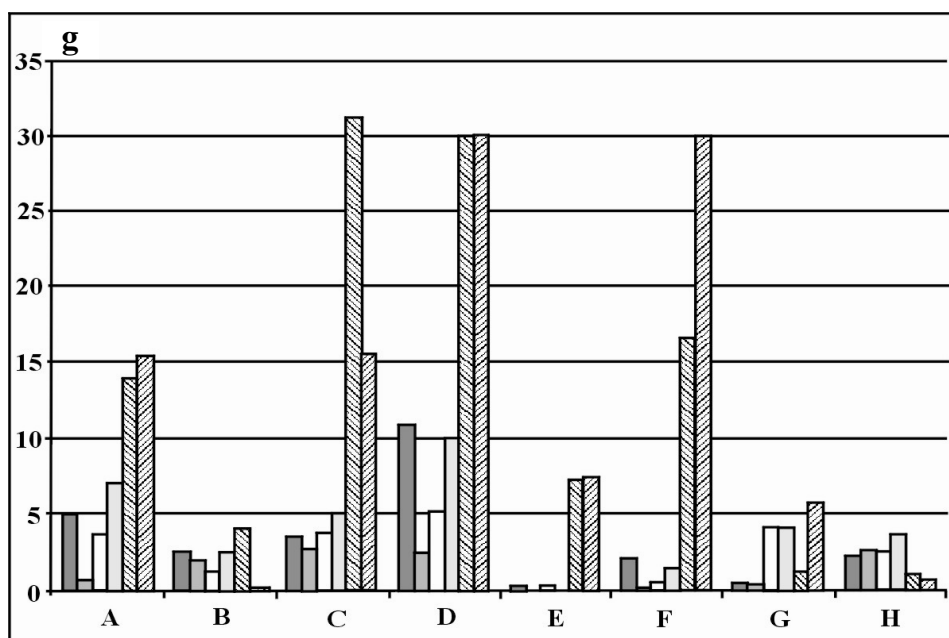
Kontrola tačke mržnjenja pomoću hidrometra vrši se preko neimenovane specifične težine. Zavisno od koncentracije glikola menja se i specifična težina, a između specifične težine smeše i tačke mržnjenja postoji zavisnost, na kojoj se bazira konstrukcija hidrometra.

Pri pravljenju rastvora mora se voditi računa da tačka mržnjenja bude zadovoljavajuća. Ako sredstvo nije razblaženo, razblažuje se prema tablici koju je dostavio proizvođač.

Pri punjenju hladnjaka antifrizom potrebno je proveriti da li je sistem prazan i čist. Nikada se hladnjak ne sme puniti do vrha, jer se mešavina vode i glikola širi više nego čista voda. Zbog toga nivo mešavine glikola i vode mora biti za oko 5 cm niži od vrha hladnjaka.

Ako dođe do curenja antifrizna zbog oštećenja hladnjaka gubitak antifrizna nadoknađuje se mešavinom istog odnosa, kakav je bio pri punjenju praznog hladnjaka. Međutim, ako gubici nastaju zbog isparavanja, to se nadoknađuje dodatkom čiste vode u hladnjak, jer ne isparavaju glikoli već voda.

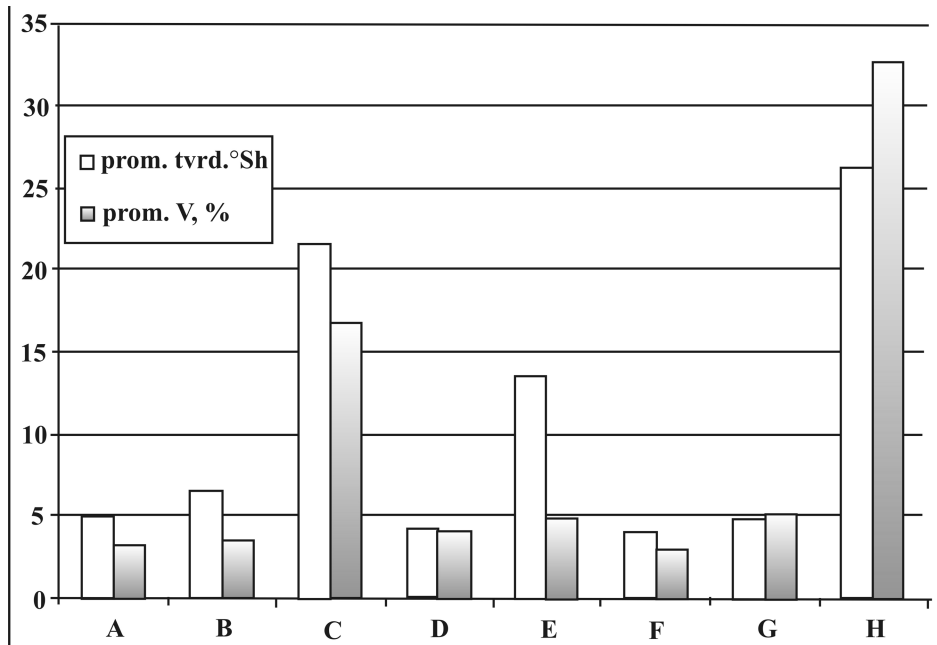
Na slikama 1, 2 i 3 prikazani su rezultati analize većeg broja antifrizna koji mogu da se nađu na našem tržištu. Razmatrane su funkcionalne karakteristike (zaštita od korozije i inertnost na zaptivne materijale) i rezervna alkalnost, kao mera mogućnosti duže upotrebe antifrizna u sistemu za hlađenje. Ispitivanja su vršena u laboratoriji NIS Rafinerije nafte Beograd.



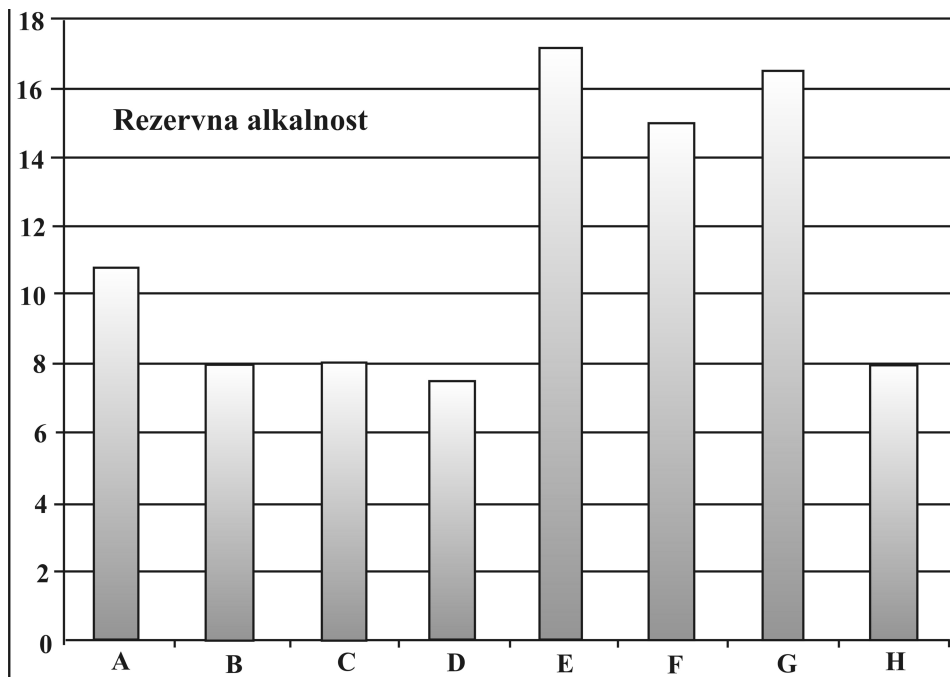
Sl. 1 – Rezultati ispitivanja korozije na različitim komercijalnim uzorcima antifrizna

Na slici 1 prikazana je analiza antikorozijskih zaštitnih svojstava komercijalnih antifrizna. Ispitivanja su vršena po standardu JUS.Z2.010. Kako se vidi sa slike, samo tri (B, G i H) od osam vrsta antifrizna zadovoljavaju minimalne zahteve u pogledu antikorozijskih karakteristika.

Sa slike 2 jasno se vidi da dva antifrizna (C, H) nisu kompatibilna sa sklopom rashladnog sistema. U okviru ovog ispitivanja izvršene su analize promene tvrdoće i zapremine na zaptivkama TR 35 koje su najšire zastupljene u zahtevima proizvođača vozila. Dozvoljena vrednost u većini standarda je 5% promena zapremine i 5°Sh promene tvrdoće.



Sl. 2 – Promena zaptivnih elemenata pod uticajem različitih komercijalnih antifrizna



Sl. 3 – Prosečne vrednosti rezervne alkalnosti

Rezervna alkalnost (slika 3) predstavlja veličinu koja ukazuje na mogućnost dugotrajne upotrebe antifrizu u sistemu. Minimalna vrednost rezervne alkalnosti od 10 mg KOH/g koncentrovanog antifrizu neophodna je da bi se sredstvo moglo sigurno koristiti u sistemu u toku dve godine. Sa slike se jasno vidi da polovina ispitivanih antifrizu (B, C, D i H) nije zadovoljila ovaj uslov koji je dat u većini specifikacija proizvođača vozila.

Dakle, pošto na tržištu vlada velika ponuda nekvalitetnog antifrizu, treba voditi računa o tome koji će se koristiti, kako bi se omogućio što duži vek trajanja motora i adekvatno hlađenje.

Fizičko-hemijske karakteristike tečnosti za hlađenje

Radi zadovoljenja zahteva za određeno hlađenje motora, kao i izvršenje ostalih zadataka, tečnosti za hlađenje moraju da zadovolje određene fizičko- hemijske karakteristike.

Osnovne fizičke karakteristike koje mora da ispuni tečnost za hlađenje su:

- viskoznost,
- gustina,
- specifična toplota, i
- temperatura mržnjenja.

Najvažnije hemijske karakteristike predstavljaju:

- korozivnost,
- toksičnost i kompatibilnost,
- hemijska stabilnost, i
- termička stabilnost.

Pri izboru tečnosti za hlađenje veliku pomoć može pružiti poznavanje određenih fizičkih i hemijskih karakteristika, na osnovu kojih može da se obezbedi pouzdana kontrola tokom proizvodnje i kasnije pri upotrebi.

Kontrola se ne vrši samo na gotovim proizvodima već i na komponentama koje se koriste u proizvodnji i koje moraju da zadovolje određene karakteristike. Materijali koji predstavljaju osnovne komponente za proizvodnju antifrizu su: etilen-glikol, voda, aditivi za poboljšanje svojstva smanjenja pene i korozije i boja.

Sve ove komponente moraju da zadovolje određene karakteristike.

1. Etilen-glikol (etan diol-1,2), $\text{OHCH}_2\text{-CH}_2\text{OH}$, mora biti bistar, bezbojan, bez stranih primesa i nečistoća, sa sledećim karakteristikama:

- gustina na 20°C od 1,114 do 1,116 g/ml,
- 95% (V/V) mora da se predestiliše na 1013 mbar od 194°C do 199°C ,
- tačka mržnjenja od -12°C do -13°C .

2. Voda, H_2O , mora biti bez mehaničkih nečistoća i primesa i mora imati sledeće karakteristike:

- količina rastvorenih soli, kalcijuma i magnezijuma (ukupna tvrdoća) kao CaO , najviše 35,6 mg/kg ($2^\circ d$)¹,
- količina hlorida najviše 50,0 mg/kg,
- količina gvožđa najviše 50,0 mg/kg.

3. Materijali koji se koriste za poboljšanje svojstava smanjenja penušanja i korozije moraju da budu potpuno rastvorljivi u antifrizu i međusobno hemijski podnošljivi. Ne smeju da se talože, izdvajaju iz antifrizu ili da međusobno hemijski reaguju.

4. Boja koja se dodaje ne sme da utiče na svojstva antifrizu.

Karakteristike koje se prate kod samog antifrizu i vrednosti zavise od tipa antifrizu koji se ispituje. Kod nas mogu da se nađu tri vrste antifrizu koji se primenjuju u motornim vozilima i to:

tip 1: koncentrovani antifriz, koji se pre upotrebe mora razblažiti potrebnom količinom vode,

tip 2: razblaženi rastvor koji se pre upotrebe mora razblažiti potrebnom količinom vode,

tip 3: razblaženi rastvor koji se ne razblažuje pre upotrebe.

Najnovija generacija antifrizu pravi se na bazi etilen-glikola i organskih kiselina i njihovih derivata.

Pri proveru kvaliteta antifrizu treba da se obuhvate sledeće karakteristike:

- tačka mržnjenja u $^\circ\text{C}$,
- gustina na 20°C ,
- pH vrednost,
- rezervna alkalnost u ml $\text{HCl}/10$ ml.

Provera kvaliteta proizvoda koja se vrši pri promeni sirovine ili pri upoređivanju rezultata sa standardom u slučaju neslaganja rezultata, a najmanje jedanput godišnje, obuhvata, pored već pomenutih, i sledeće karakteristike:

- penušanje,
- koroziju,
- količinu vode,
- količinu vode kao destilat do 110°C ,
- tačku ključanja,
- pepeo.

¹ $2^\circ d$ stepeni tvrdoće po nemačkom standardu DIN.

Rezultati ispitivanja promena karakteristika tečnosti za hlađenje tokom eksploatacije vozila

Realizovano je ispitivanje fizičko-hemijskih karakteristika tečnosti za hlađenje ANTIFRIZ GLIKOLNI GA-40 koji je korišćen u sledećim vozilima:

1. vozilo PUCH 300 GD

- godina proizvodnje: 1984,
- zapremina hladnjaka: 6 l,
- sredstvo za hlađenje je sipano u sistem decembra 2005,
- sredstvo za hlađenje je uzorkovano iz sistema maja 2006,
- pređena kilometraža od zamene tečnosti 4876 km.

2. vozilo MERCEDES 600 PULMAN

- godina proizvodnje: 1978,
- zapremina hladnjaka: 6 l,
- sredstvo za hlađenje je sipano u sistem oktobar 2004,
- sredstvo za hlađenje je uzorkovano iz sistema maja 2006,
- pređena kilometraža od zamene tečnosti 260 km.

3. vozilo OPEL ASTRA 1.4

- godina proizvodnje: 1991,
- zapremina hladnjaka: 4 l,
- sredstvo za hlađenje je sipano u sistem decembra 2005,
- sredstvo za hlađenje je uzorkovano iz sistema maja 2006,
- pređena kilometraža od zamene tečnosti 25 000 km.

4. autobus RABA

- godina proizvodnje: 1986,
- zapremina hladnjaka: 5 l,
- sredstvo za hlađenje je sipano u sistem oktobra 2005,
- sredstvo za hlađenje je uzorkovano iz sistema marta 2006,
- pređena kilometraža od zamene tečnosti 4126 km.

Cilj je bio da se ispitivanjem fizičko-hemijskih karakteristika tečnosti za hlađenje prati kvalitet navedenog sredstva, kao i utvrđivanje optimalnog perioda zamene tečnosti za hlađenje, primenjujući standardne metode ispitivanja.

Metodologija ispitivanja

Ispitivanje nultog uzorka je urađeno prema zahtevima standarda za tečnosti za hlađenje JUS H.Z2.010 tip 3.

Svi uzorci tečnosti za hlađenje, nultog i korišćenog, ispitivani su na identičan način i po istoj metodologiji.

Korišćene metode i testovi za određivanje fizičko-hemijskih karakteristika tečnosti za hlađenje prikazane su u tabeli 7.

Tabela 7 – Metode određivanja fizičko-hemijskih karakteristika

R.br.	Karakteristike	Jedinice	Metode
1	Boja		vizuelno
2	Relat. gust. na 20°C	°C	ASTM D1122
3	Tačka ključanja	°C	JUS H.Z8.058
4	Tačka mržnjenja	°C	JUS H.Z8.053
5	Sadržaj pepela	%(m/m)	JUS H.Z8.055
6	Sadržaj vode	%(m/m)	JUS H.Z8.051
7	Rezervna alkalnost	ml	JUS B.H8.059
8	pH vrednost		JUS H.Z8.052
9	Penušanje	ml/ml	JUS H.Z8.057
10	Korozivnost u staklenoj posudi	Gubitak mg/pločici	JUS H.Z8.056
11	Ocena kavitacije, erozije i pitinga vodene pumpe		ASTM D2809
12	Korozija leg. livenog Al ²	mg/cm ² na 7 dana	ASTM D4340

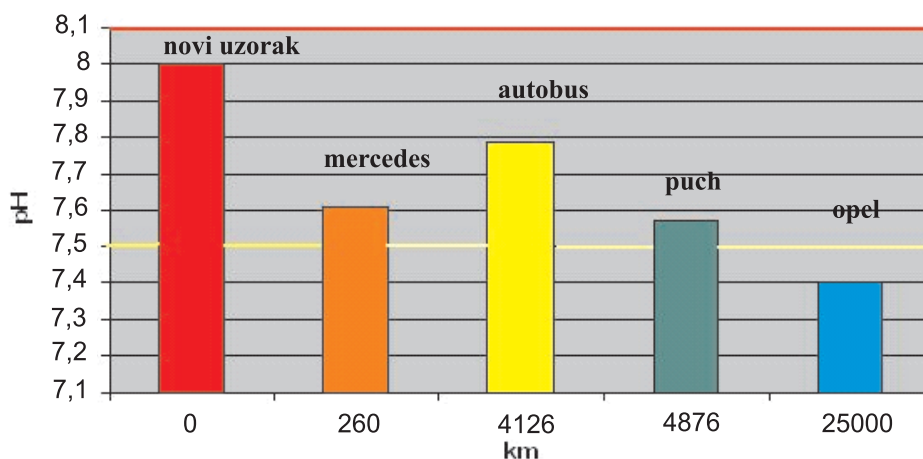
Osnovne fizičko-hemijske karakteristike novog sredstva za hlađenje prikazane su u tabeli 8.

Tabela 8 – Fizičko-hemijske karakteristike novog sredstva za hlađenje

Karakteristike	Vrednost
Boja	Plava boja
Relativna gustina na 20°C	1,065
Tačka ključanja °C	109
Tačka mržnjenja °C	-37
Sadržaj pepela %(m/m)	2
Sadržaj vode %(m/m)	-
Rezervna alkalnost ml	5
pH vrednost	8
Penušanje ml/ml	50/5
Izgled	Bistar, proziran
Korozivnost u staklenoj posudi	
Bakar	5
Mesing	5
Lem	15
Čelik	5
Sivi liv	5
Leg. aluminijuma gubitak mg/pločici	15
Ocena kavitacije, erozije i pitinga vodene pumpe	8
Korozija legure livenog aluminijuma mg/cm ² na 7 dana	1

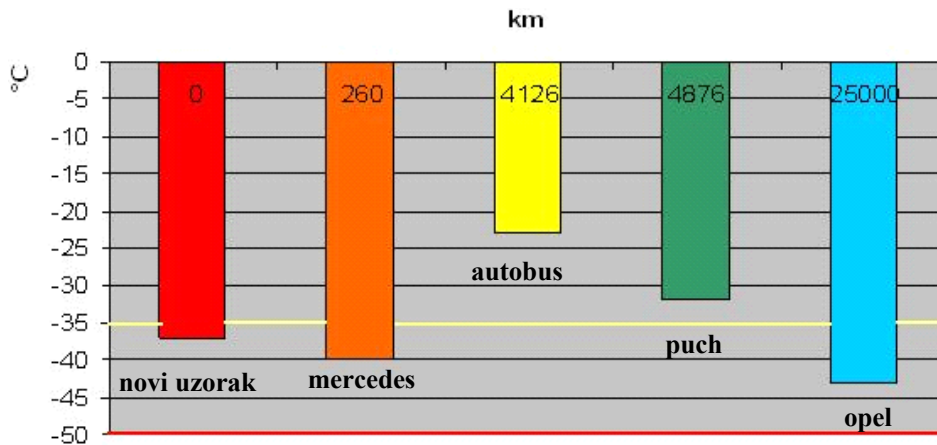
Sredstva za hlađenje korišćena su u motornim vozilima: OPEL ASTRA, PUCH, MERCEDES PULMAN i autobusu RABA koji su eksploatisani u gradskim uslovima. Zadatak je bio da se provere karakteristike rashladne tečnosti u uslovima eksploatacije. Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da ima određenih promena, ali da se te promene kreću u okviru dozvoljenih granica. Na sledećim dijagramima prikazani su dobijeni rezultati ispitivanja, gde je crvenom linijom obeležena maksimalna vrednost, a žutom minimalna vrednost koju sredstvo mora da zadovolji po standardu.

Na slici 4 prikazana je promena karakteristika pH vrednosti sredstva za hlađenje u odnosu na pređeni put vozila. Sa slike se vidi da se vrednosti za pH koje su propisane standardom ne razlikuju mnogo, osim kod vozila OPEL ASTRA gde se javlja manje odstupanje od standarda, ali ono ne utiče bitnije na rashladne karakteristike antifrizna.



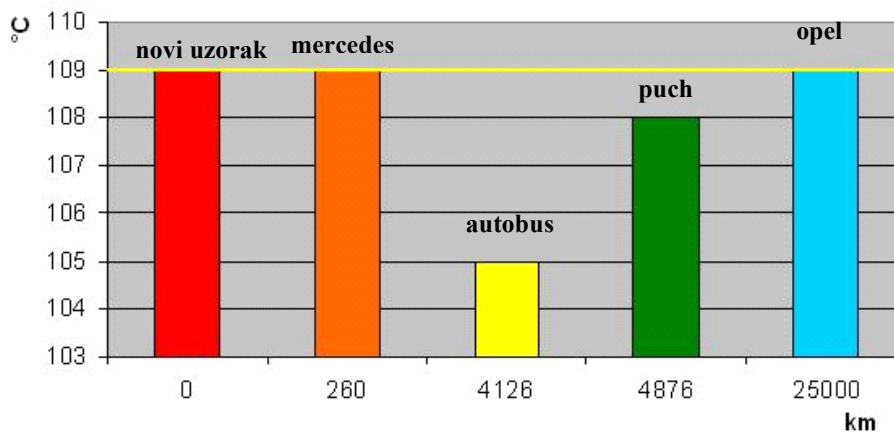
Sl. 4 – Promene karakteristika pH vrednosti sredstva za hlađenje, zavisno od pređenog puta m/v u km

Na slici 5 prikazana je zavisnost temperature mržnjenja od pređenog puta u kilometrima. Sa slike se vidi da vrednosti koje su dobijene pri ispitivanju kod većine vozila zadovoljavaju standard, za dva vozila imamo odstupanje od standarda, i to kod vozila: PUCH i kod autobusa (-32°C i -23°C). Ovo odstupanje je rezultat mogućeg trošenja etilen-glikola i dolivanja vode, kako bi se nadoknadio nedostatak tečnosti u hladnjaku, ili je pri sipanju antifrizna umesto standardnog rastvora i određenog odnosa između vode i etilen-glikola sipana velika količina vode, te je dobijen rastvor sa neadekvatnom temperaturom mržnjenja. Zbog neodgovarajuće temperature mržnjenja ovo rashladno sredstvo ne odgovara zahtevima za antifriz na bazi etilen-glikola, tip 3.



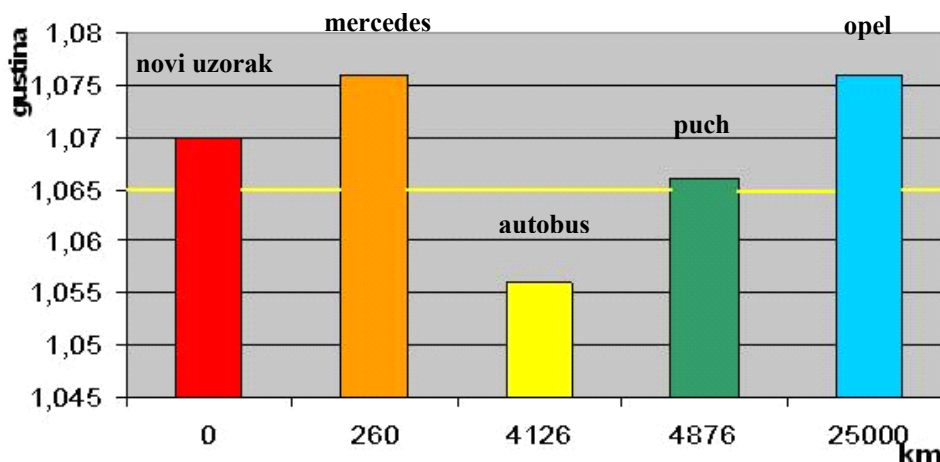
Sl. 5 – Zavisnost temperature mržnjenja sredstva za hlađenje od pređenog puta m/v u km

Na slici 6 prikazana je zavisnost temperature ključanja sredstva za hlađenje u odnosu na pređeni put u km iz koje se vidi da uzorci iz autobusa RABA i vozila PUCH ne zadovoljava minimalno zahtevanu tačku ključanja od 109°C.



Sl. 6 – Zavisnost temperature ključanja sredstva za hlađenje od pređenog puta m/v u km

Na slici 7 prikazana je zavisnost gustine antifrizu od pređenog puta u km. Sa slike vidimo da vrednosti za gustinu uglavnom odgovaraju vrednostima koje su date standardom. Odstupanje se javlja kod uzorka koji je uzet iz autobusa ($\rho=1,056 \text{ g/cm}^3$). Odstupanje se javlja zbog nesrazmernog odnosa između vode i etilen-glikola, gde veliki procenat vode dovodi do smanjenja gustine. Ova razlika ne utiče mnogo na rashladna svojstva antifrizu.



Sl. 7 – Zavisnost gustine sredstva za hlađenje od pređenog puta m/v u km

Analiza dobijenih rezultata

Na osnovu dobijenih eksploatacionih i laboratorijskih ispitivanja može se konstatovati:

1. Tečnosti za hlađenje dobro obavljaju predviđenu funkciju hlađenja u većini vozila. U dva slučaja došlo je do promene temperature mržnjenja i takvo bi sredstvo pri niskim temperaturama bilo izloženo riziku od mogućeg stinjanja i izazivanja pucanja bloka motora.

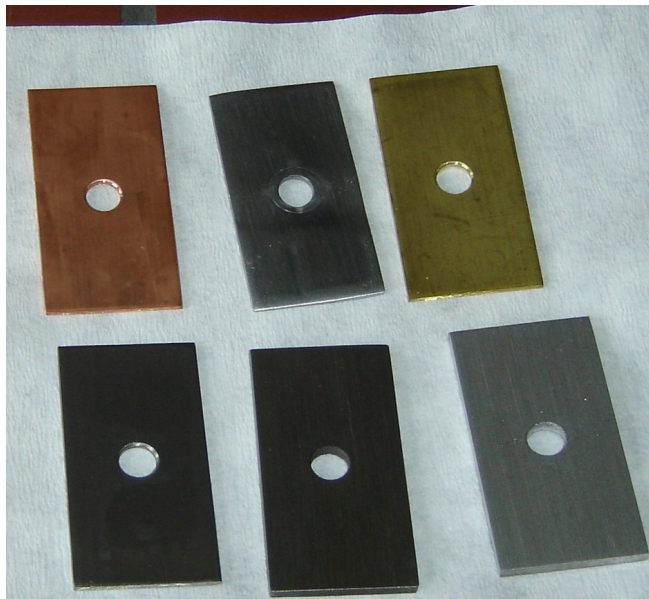
2. U vezi sa tačkom ključanja, sa dijagrama se vidi da sva sredstva imaju zadovoljavajuće vrednosti, osim uzorka koji je uzet iz autobusa, dok je kod PUCH-a razlika od 1°C u odnosu na minimalno zahtevanu, što se može tolerisati.

Pokazalo se da tečnost za hlađenje i u različitim vozilima, pri različitim uslovima eksploatacije, može da zadrži svoje vrednosti u granicama dozvoljenih odstupanja od standardnih vrednosti i da može da se koristi u dužem periodu. Uzorak koji je uzet iz autobusa pokazao je da dolazi do znatnih odstupanja, što je verovatno posledica loše procene posluge vozila pri sipanju vode u hladnjak kako bi se nadoknadila izgubljena tečnost koja je isparila (iscurila) u toku eksploatacije.

Jedna od bitnih karakteristika koje nisu ispitivane, a u znatnoj meri određuju da li je neko sredstvo za hlađenje dobro za dalju upotrebu, jeste ispitivanje korozije u staklenoj cevi. Ono treba da pokaže koliko je sredstvo za hlađenje kompatibilno sa elementima u rashladnom sistemu. Ako ova karakteristika nije u skladu sa vrednostima koje su date u standardu onda sredstvo kao takvo nije pogodno za korišćenje i zabranjuje se njegova upotreba u sistemu za hlađenje.

Na slici 8 prikazan je izgled elemenata u sistemu ako tečnost za hlađenje zadovoljava propisane uslove u pogledu korozivnosti, a na slici 9 mogući izgled elemenata u sistemu za slučaj da tečnost za hlađenje ne zadovoljava uslove koji su propisani za korozivnost datog sredstva.

Sl. 8 – Izgled etalon-pločica koje nisu korodirale u tečnosti za hlađenje



Sl. 9 – Izgled etalon-pločica koje su korodirale u tečnosti za hlađenje



Ova karakteristika nije rađena u laboratoriji zbog toga što je metoda veoma skupa i zahteva veliku čistoću etalon pločica. Osim ove metode još neke metode nisu realizovane, jer su instrumenti bili upućeni na baždarenje.

Regeneracija antifriza

Danas se velika pažnja posvećuje mogućnosti regeneracije korišćene tečnosti za hlađenje, kako bi se rešio problem njenog odlaganja.

Velika pažnja treba da se posveti mogućnosti regeneracije korišćenog antifriza i njegove ponovne upotrebe, jer se etilen-glikol dobija iz prirodnog gasa koji nije obnovljiv resurs. Po podacima američke agencije za zaštitu životne sredine trenutno se samo 12% ukupne količine korišćenog antifriza regeneriše u SAD. Zbog nemogućnosti kontrole skladištenja korišćenog antifriza i mogućeg izlivanja u reke ili zemljište, američka agencija za zaštitu životne sredine propisala je velike kazne za sve one koji ne poštuju propise o pravilnom skladištenju korišćenog antifriza.

Korišćeni antifriz može da bude recikliran na tri načina:

- „ON SITE” regeneracija,
- „OFF SITE” regeneracija,
- mobilna oprema za regeneraciju.

„ON SITE” regeneracija predstavlja način gde se korišćeno sredstvo za regeneraciju na istom mestu skladišti i regeneriše, a regeneraciju obavljaju radnici tog skladišta.

Kod „OFF SITE” regeneracije skladišteni korišćeni antifriz se transportuje u specijalna postrojenja namenjena za recikliranje.

Mobilna oprema za regeneraciju predstavlja vozilo na kojem je ugrađena oprema za regeneraciju i obično je to kamion ili kombi. Vozilo dolazi na mesto gde treba da se izvrši regeneracija bez prethodnog skladištenja korišćenog antifriza.

Sve navedene metode sastoje se od dva koraka:

odstranjivanje nečistoća pomoću: filtriranja, destilacije, reversne osmoze, jonskog izmenjivanja;

dodavanje aditiva kako bi se dobile odgovarajuće fizičko-hemijske karakteristike u skladu sa standardom.

Aditivi koji se dodaju moraju da sadrže materije koje podižu i stabilišu pH vrednost, inhibitore korozije i inhibitore koji ne dozvoljavaju razlaganje etilen-glikola.

Reciklirani antifriz mora da ispuni standarde ASTM 6471 i ASTM 6472 pre nego što se počne sa njegovom upotrebom u vozilu. Ovi standardi ne razlikuju se mnogo od standarda za klasične antifrizove.

Reciklirani antifrizi su jeftiniji od običnih antifriza. Procena je da jedno organizovano preduzeće može za sedam meseci da povрати uloženi kapital u postrojenje za regeneraciju antifriza.

Najbolji način za reciklažu korišćenog sredstva za hlađenje je „OFF SITE“, koji koristi destilaciju kao glavni proces u preradi korišćenog sredstva za hlađenje. Ovaj način regeneracije u toku jednog sata preradi oko 1400 l do 1900 l korišćenog antifriza. Radnicima nije potrebno prethodno iskustvo kako bi mogli da rukuju uređajima i u procesu ne dolazi do stvaranja otpada pri preradi. Cena jednog ovakvog recikliranog sredstva jeste oko 250 dinara.

Ostali procesi takođe su se pokazali kao jeftiniji u pogledu konačnog proizvoda. Međutim, kapacitet prerade je mnogo manji nego kod „OFF SITE“ sistema za regeneraciju, a potrebno je da i radnici poseduju određeno radno iskustvo na takvom mestu. Može se zaključiti da je svaki sistem za regeneraciju bolji od čuvanja korišćenog sredstva za hlađenje i mogućnosti njegovog izlivanja i ugrožavanja bezbednosti ljudi i životne sredine.

Zaključak

U ovom radu ispitivane su promene fizičko-hemijskih karakteristika sredstava za hlađenje tokom eksploatacije. Ispitivanja su vršena na četiri tipa vozila i analizirana je promena karakteristika sredstava za hlađenje u zavisnosti od dužine pređenog puta.

Ispitivanja su pokazala da sredstvo za hlađenje može da izdrži date uslove eksploatacije kojim su vozila bila izložena i da sredstva mogu da izdrže i veća eksploataciona naprezanja.

U tri od četiri uzorka koja su ispitivana utvrđeno je da su vrednosti u granicama koje su propisane standardom JUS H.Z2.010 za antifriz tip 3. Uzorak koji se nalazio u autobusu pokazao je odstupanja u odnosu na standard kod tačke ključanja i tačke mržnjenja, zbog čega ovo sredstvo nije pogodno za dalju upotrebu.

Pri realizaciji ispitivanja nije bilo mogućnosti da se ispitaju sve karakteristike zbog tehničkih problema koje je imala laboratorija sa instrumentima, što se posebno odnosi na ispitivanje korozivnosti koja je jedna od bitnijih karakteristika kada se radi ispitivanje sredstva za hlađenje. Na osnovu dobijenih vrednosti može se videti da su sredstva za hlađenje proizvedena da traju znatno duže, a ne samo pet meseci koliki je period upotrebe u Vojsci (letnji i zimski period eksploatacije) i za veću kilometražu gde vrednosti idu i do 100 000 km.

U Vojsci se nalaze velike količine antifriza koje su skladištene po nekoliko godina pre nego što se ukaže mogućnost da se upotrebe, što

dovodi do starenja sredstva za hlađenje, aditivi počinju da se izdvajaju, pa sredstvo nije pogodno za upotrebu i mora da se uništi ili da se regeneriše. Bitan razlog zbog kojeg bi trebalo da se vodi računa o periodu skladištenja antifrizna jeste i garancija koju daje proizvođač, obično na dve godine. Posle tog perioda mora da se vrši kontrola sredstva na svakih šest meseci, što doprinosi povećanju troškova održavanja antifrizna.

Zamena sredstva za hlađenje mora tačno da se evidentira u tehničkoj knjižici vozila, kako bi se znalo kada je zamenjeno i koje sredstvo je sipano u vozilo. Nikako ne treba dozvoliti da se sredstvo za hlađenje izvadi iz vozila i da se skladišti kako bi se ponovo upotrebilo u zimskom periodu, a naročito ako se vadi iz više vozila. To se odnosi na ista sredstva i različite vrste tečnosti za hlađenje.

Pravilan izbor sredstva za hlađenje može da produži vek trajanja motora, a neadekvatna tečnost za hlađenje može da prouzrokuje pregrevanja ili prelazak u čvrsto agregatno stanje tečnosti pri niskim temperaturama spoljne okoline (izaziva pucanje bloka motora).

Literatura

[1] Tomić, V. M., Petrović, V. S.: *Motori sa unutrašnjim sagorevanjem*, Beograd, 1994.

[2] Baraba, I.: *Goriva, maziva i tečnosti za hlađenje*, Zagreb, 1961.

[3] Rokov, I.: *Poznavanje i primena sredstava za pogon*, Zagreb, 1969.

[4] Zbornik radova: *Snabdevanje i održavanje pogonskih sredstava i opreme iz nadležnosti tehničke službe*, Kruševac, 1998.

[5] Kesić, J.: *Analiza životnog ciklusa antifrizna*, Beograd, 1996.

[6] Topalo, L.: *A, B, C, maziva i goriva za vaše vozilo*, Beograd, 2001.

[7] Vujičić, V.: *Korozija i tehnologija zaštite metala*, Beograd, 2002.

[8] Jugoslovenski standard od 1985.

[9] Nacrt novog JUS standarda iz 2004.

[10] Lukić, G.: *Ispitivanje promena karakteristika sredstava za hlađenje motora tokom eksploatacije vozila*, diplomski rad, Beograd, 2006.