

FIZIČKO-HEMIJSKE KARAKTERISTIKE GORIVA JET A-1 I MAZIVA ZA MLAZNE MOTORE I NJIHOV UTICAJ NA ŽIVOTNU SREDINU

Prof. dr Božidarka Arsenović, email: bokijevmejl@gmail.com

Internacionalni univerzitet Travnik u Travniku, Bosna i Hercegovina

„Orao“ a.d. za proizvodnju i remont, Bijeljina; Republika Srpska; Bosna i Hercegovina

Sažetak: Mlazna goriva su smješe tečnih ugljovodonika i namijenjena su za pogon mlaznih motora. U principu, to su kerozinske frakcije ili smješe kerozinskih i benzijskih frakcija sa različitim dodacima. Prvo mlazno gorivo, upotrijebljeno za pogon avionskih motora sa gasnom turbinom, bio je rasvjetni petrolej, u Velikoj Britaniji nazvan kerozin. Danas je na našim prostorima u upotrebi gorivo JET A-1, a to je kerozinska frakcija nafte sa temperaturom ključanja u temperaturnom intervalu od 170°C do 300°C (po svom kvalitetu zadovoljava zahtjeve vojnog i civilnog vazduhoplovstva). U obezbjeđivanju sigurnog rada mlaznih motora na svim režimima i u svim uslovima primjene goriva moraju imati siguran kvalitet. Po hemijskom sastavu mlazna goriva su složene smješe a sastoje se od osnovne četiri grupe ugljovodonika: parafina, naftena, aromata i olefina. Gasovi i čestice koji nastaju sagorijevanjem mlaznog goriva su: vodena para (H₂O), ugljen dioksid, CO₂, azot monoksid, NO, azot dioksid, NO₂, sumporni oksidi, SO_x i čađ.

Ključne riječi: mlazno gorivo JET A-1, maziva, turbomlazni motor, zaštita životne sredine

PHYSICAL AND CHEMICAL FEATURES OF FUEL A-1 AND LUBRICANTS FOR MLAS MOTORS AND THEIR EFFECT ON ENVIRONMENT

Abstract: Jet fuels are liquids of liquid hydrocarbons and are designed for jet propulsion. In principle, these are kerosene fractions or mixtures of kerosene and benzene fractions with different additives. The first jet fuel used for the propulsion of airborne gas turbine engines was light petroleum, in the United Kingdom called kerosene. Today, JET A-1 is in use in our area, which is a kerosene fraction of oil with a boiling temperature in the temperature range of 170 °C to 300 °C (in its quality meets the requirements of military and civil aviation). In ensuring safe operation of jet engines in all regimes and in all fuel conditions, they must have a secure quality. By chemical composition jet fuel are complex compounds and consist of the basic four groups of hydrocarbons: paraffin, naphthene, aromatic and olefin. Gases and particles which result from combustion of aircraft fuel are: water vapour (H₂O), carbon dioxide, CO₂, nitrogen monoxide, NO, nitrogen monoxide, NO₂, sulfuric oxides, SO_x and soot.

Key words: Jet fuels JET A-1, lubricant, turbojet engine, environmental protection

UVOD

U obezbjeđivanju sigurnog rada mlaznih motora na svim režimima i u svim uslovima primjene, goriva moraju imati siguran kvalitet. Pored opštih osobina, karakterističnih za sva tečna goriva, ovdje su posebno strogi zahtjevi za visokim stepenom kvaliteta specifičnih osobina. Ovako stroge zahtjeve postavljaju i opravdavaju uslovi upotrebe mlaznih goriva, kao što su veoma velike brzine i visine leta mlaznih aviona, a na njih utiču i termički najopterećeniji dijelovi mlaznog motora: komora sagorijevanja, gasna turbina i sl. kao i goriva instalacija. Pored

navedenih, postoje i drugi problemi zbog kojih gorivo za mlazne motore mora ispuniti određene zahtjeve a to su:

- da ima što veću gustinu i toplotnu moć, jer od njih zavisi dolet aviona sa nepromijenjenom zapreminom rezervoara za gorivo;
- da ne sadrži lako isparljive frakcije koje bi izazvale stvaranje čepova para u instalacijama i veliki gubitak goriva zbog isparavanja na velikim visinama;
- da se lako prepunjava i neprekidno protiče od rezervoara do motora u svim uslovima leta aviona;
- da ne mrzne i ne izdvaja kristale ugljovodonika na niskim temperaturama (do -50°C);
- da izvrši pokretanje motora u svim uslovima primjene;
- da se dobro raspršuje na svim režimima rada motora;
- da ima takvu brzinu sagorijevanja koja obezbjeđuje završetak procesa sagorijevanja u komori sagorijevanja;
- da sagorijeva potpuno, bez stvaranja taloga, gareži i koksa na brizgaču, komori sagorijevanja, turbini i drugim dijelovima motora;
- da na povišenim temperaturama, u uslovima leta nadzvučnim brzinama, bude termički stabilno i ne stvara čvrste taloge i td.

Na našim prostorima u upotrebi gorivo JET A-1, a to je kerozinska frakcija nafte sa temperaturom ključanja u temperaturnom intervalu od 170°C do 300°C . Ovo mlazno gorivo, po svom kvalitetu zadovoljava zahtjeve vojnog i civilnog vazduhoplovstva [1,2].

1. FIZIČKO-HEMIJSKI SASTAV MLAZNIH GORIVA

Po hemijskom sastavu mlazna goriva su složene smješe a sastoje se od osnovne četiri grupe ugljovodonika: parafina, naftena, aromata i olefina. Njihov sadržaj u gorivu kreće se od 98% do 99%, dok su ostatak od 1% do 2% neugljovodonična jedinjenja: sumpora, azota, kiseonika i u tragovima različiti metali ili jedinjenja koja sadrže metale. Ovakav sastav mlaznih goriva uslovljen je strogim zahtjevima za što većom toplotnom moći i stabilnošću, a što manjim stvaranjem gareži, što upravo obezbjeđuju parafinski i naftenski ugljovodonici. U mlaznim gorivima najzastupljeniji su parafinski i naftenski ugljovodonici (oko 70%). Sadržaj aromatskih ugljovodonika je manje poželjan zbog toga što oni imaju manju toplotnu moć (za oko 10%), smanjuju brzinu i potpunost sagorijevanja, povećavaju stvaranje gareži, uzrokuju progorijevanje komore za sagorijevanje i snižavaju termičku stabilnost. Olefini su hemijski nestabilni i skloni stvaranju smola a pogoršavaju termičku stabilnost goriva. Njihov sadržaj u gorivu ograničen je na maksimalni iznos od 5% po zapremini. Nizak sadržaj merkaptanskog sumpora (0,001% po masi) strogo se ograničava zbog njegove izražene korozijske agresivnosti [3,4].

1.1. Aditivi u mlaznom gorivu

S obzirom na broj i težinu postupaka koji se koriste, često je neophodno, a ponekad i obavezno korištenje aditiva. Aditivi sprječavaju nastanak štetnih hemijskih vrsta ili poboljšavaju osobine goriva kako bi se spriječilo daljnje trošenje motora.

Shodno međunarodnim normama, u mlaznim gorivima dozvoljena je primjena sljedećih aditiva [5]:

- *Antioksidansi* - imaju ulogu da spriječe gumiranja, obično su na osnovi alkiliranih fenola, npr. AO-30, AO-31 ili AO-37;

- *Antistatička sredstva* - za pražnjenje statičkog elektriciteta i sprječavanje varničenja; Stadis 450, s dinonilnapitijusufonične kiseline (DINNSA);
- *Inhibitori korozije*, npr. DCI- 4A se koristi za civilna i vojna goriva, dok se DS - 6A koristi samo za vojna goriva;
- *Biocidi* - sprječavaju pojavu mikrobnih jedinjenja, odnosno bakterija i gljivica koje se mogu naći u sastavu mlaznih goriva (zagađivači mlaznih goriva). Trenutno su za upotrebu dozvoljena samo dva biocida a to su Kathon FP 1.5 Microbiocide i Biobor JF;
- *Metalni deaktivator* – dodaje se u cilju sprječavanja štetnih uticaja metalnih površina na toplotnu stabilnost goriva. Jedan od dopuštenih aditiva je N, N'-disalicylidene 1,2-propandiamin.

1.2. Neke fizičke karakteristike mlaznog goriva Jet A-1

U tabeli 1 prikazane su neke fizičke karakteristike goriva za mlazne motore, JET A-1.

Tabela 1: Fizičke karakteristike mlaznog goriva, JET A -1 [6]

<i>Red. broj</i>	<i>Fizičke karakteristike</i>	<i>Vrijednost</i>
1	Tačka paljenja (PenskyMartens)	min 38 °C
2	Temperatura samostalnog paljenja	210 °C
3	Temperatura smrzavanja	-47°C
4	Maksimalna adijabatska temperature paljenja	2,23 °C Open Air Burn temperature 1,03 °C
5	Gustina na 15°C	0,804 kg/l
6	Specifična energija	42,80 MJ/kg ili 11,90 kWh/kg
7	Energetska gustina	34,7 MJ/l ili 9,6 kWh/l

2. STVARANJE GORIVE SMJEŠE I SAGORIJEVANJE MLAZNOG GORIVA

Kao i kod ostalih motora sa unutrašnjim sagorijevanjem, i kod mlaznih motora procesu sagorijevanja predhodi stvaranje gorivne smješe. Gorivna smješa neprekidno nastaje i sagorijeva, zbog čega proticanje vazduha i goriva mora biti kontinuirano, kako ne bi došlo do prekida procesa sagorijevanja. Vazduh se uvodi kompresorom, preko difuzora u komoru sagorijevanja. Gorivo se, najčešće kroz brizgače, dovodi pumpom visokog pritiska direktno u komoru sagorijevanja. U cilju efektivnog isparavanja tečnog goriva koje ulazi u komoru sagorijevanja, ono mora biti dobro raspršeno. Proces raspršivanja se odvija u više faza:

- 1) prolaskom tečnog goriva kroz brizgač u komori sagorijevanja nastaje njegov zastor ili raspršni mlaz;
- 2) pojava sitnih talasa i poremećaja na površini tečnosti kao posljedica predhodne turbulencije i uticaja vazduha na nju;

- 3) nastajanje finih opni tečnosti pod uticajem pritiska vazduha i sila površinske napetosti;
- 4) usitnjavanje opni na odvojene kapljice na račun površinske napetosti goriva;
- 5) dalje, još finije usitnjavanje ovih kapljica.

Nakon ulaska u komoru za sagorijevanje, gorivna smješa se pali električnom varnicom ili specijalnim gorionicima. Proces gorenja se odvija u veoma brzom oksidaciji gorivnih komponenata uz izdvajanje određene toplotne energije.

Na slici 1 prikazan je izgled motora VIPER 632-46.



Slika 1: Izgled motora VIPER 632 - 46

Poslije početnog paljenja i gorenja smješe, tj. pokretanja motora, nastaje proces tzv. stvarnog sagorijevanja gorivne smješe u komori sagorijevanja. Količina vazduha koja sa gorivom ulazi u komoru sagorijevanja nekoliko puta je veća od potrebne i dijeli se na primarni i sekundarni vazduh. Količina primarnog vazduha iznosi 20 do 30% od ukupne količine a uvodi se u komoru sagorijevanja na više mjesta. Sekundarna količina vazduha 70 do 80% obilazi spolja prednji dio plamene cijevi, hladi je i ulazi kroz otvore i miješa se sa preostalim dijelom gorive smješe i proizvodima sagorijevanja, osiromašujući smješu i hladeći je. Gorivo ubrizgano u zonu cirkulacije, gdje gasovi imaju visoku temperaturu, brzo ispari i sagorijeva u prednjem dijelu komore, zavisno od stepena miješanja sa vazduhom u vrtložnom sloju. Produženje gorenja smješe, pri daljem kretanju kroz plamenu cijev, moguće je dodavanjem sekundarnog vazduha koji osiromašuje smješu.

Gasovi i čestice koji nastaju sagorijevanjem pogonskog goriva aviona su: vodena para (H_2O), ugljen dioksid, CO_2 , azot monoksid, NO , azot dioksid, NO_2 (NO i NO_2 zajednički se označavaju kao NO_x), sumporni oksidi, SO_x i čađ. Ovi elementi procesa sagorijevanja pogonskog goriva, se uglavnom zadržavaju u dijelu troposfere koji se odlikuje visokom vlažnošću i nešto višom temperaturom, u čijim donjim slojevima, uglavnom dolazi do zagrijavanja atmosfere a zagrijavanje opada sa porastom visine.

3. MAZIVA ZA MLAZNE MOTORE

Poznato je da su mlazni motori aviona, u principu, jednostavniji od klipnih motora u pogledu njihove kompleksnosti i izgradnje, pa su, shodno tome i jednostavniji kada se primjenjuju maziva za podmazivanje. S obzirom da u komori za sagorijevanje goriva nema

pokretnih dijelova, te mazivo nije izloženo direktno temperaturama izgaranja. Kako su kompresor i turbina glavni pokretni dijelovi u stalnoj rotaciji, tako su izbjegnuti problemi s dinamičkim opterećenjem zbog povratnih rotacija elemenata.

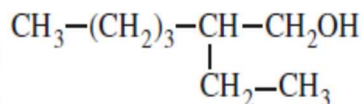
No i pored toga, maziva se i dalje suočavaju s ozbiljnim izazovima, od kojih je najveći izazov toplota. Moderna kućišta motora postižu temperature maziva u rasponu između 80 °C i 100 °C, dok se prilikom prečišćavanja ta temperatura podiže i na približno 190 °C, uz izlaganje temperaturama uz metalni zid u ležaju komora čak do 300 °C i 400 °C [4,5].

Kombinujući ovo s činjenicom i težnjom da se avioni u letu učine što je moguće izdržljivijima, kako bi se smanjili troškovi održavanja i produžilo vrijeme između velikih remonta, trenutno više od 40.000 radnih sati za neke civilne motore, onda je jasno, kako maziva moraju biti postojana kroz dugi vremenski period. Pojavljuje se problem vezan za teškoće maziva da toliko dugo ostanu funkcionalna. Maziva se tokom rada troše, potrebno ih je nadoknađivati svježim mazivima. Ne postoje proizvodi koji bi uklanjali talog nastao izgaranjem maziva (problem pojave redovnog formiranja naslaga taloga koksa usljed visokih temperatura tokom rada motora). Svaki stvoreni talog mora biti uklonjen, kako bi se spriječila začepljenja. Mazivo i dalje ima važnu ulogu u smanjivanju stvaranja naslaga i prema tome, mora biti ostvarena mogućnost efikasnog uklanjanja već stvorene naslage. Toplotna postojanost turbinskih maziva, vjerovatno, je najveći izazov, kako za proizvođače maziva, tako i za projektante mlaznih motora [5].

3.1. Sastav i osobine maziva za mlazne motore

U proizvodnji ulja za podmazivanje (maziva) u vazduhoplovnoj industriji, kao najefikasnijim su se pokazali *esteri*, tj. *di-ester temeljena maziva na bazi di-bazičnih kiselina*, kao što su [4]: sebacijanska kiselina, $\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_8-\text{COOH}$; azelainska kiselina, $\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$ i adipinska kiselina, $\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_4-\text{COOH}$. Ove kiseline, u reakciji sa alkoholima, grade di-estere.

Izbor, kako kiseline, tako i alkohola ima značajan utjecaj na osobine gotovog proizvoda. Na primjer, više lanaca di-kiseline poboljšava indeks viskoziteta, ali smanjenjuje temperature stinjanja. Od alkohola, obično se koristi oktanol, $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{OH}$. Ako se koristi n-oktanol, on prouzrokuje temperaturu stinjanja diestera do neprihvatljivog nivoa. Međutim, korištenje 2-etil heksanol izomera, slika 2:



Slika 2: 2- etil heksanol

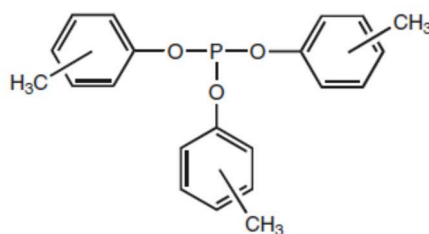
daje značajno smanjenje temperature stinjanja, uz održavanje prihvatljivog indeksa viskoznosti (obično se koristi u proizvodnji baznih ulja diestera) [4].

Osobine baznih ulja, poboljšavaju se dodavanjem aditiva gotovom proizvodu. Osim *poliglikol zgušnjivača*, koji se koristi u 7,5 cSt diester - baznih maziva, za većinu vrsta koristi se i *poliol*. Dobijena di-ester maziva su pogodna za maksimalnu temperaturu ulja u rezervoaru do 149°C i temperature u ležaju do 204 °C. Kod mlaznih motora, dodaci mazivu koji se najčešće koriste protiv oksidacije su *fenil- α -naftilamin*, *PAN*, *oktifenil- α -naftilamin*, *OPAN* i *dioktifenilamin*, *DODPA* i *njihovi derivati*. *Fenotiazin* je uobičajen antioksidans koji se koristio u ranim verzijama ester baziranih turbina maziva, ali iako je efikasan u sprječavanju oksidacije, sam

lubrikant nakon dužeg vremena oksidira. Zbog formiranja oksidovanih čestica, (glavni ograničavajući faktor za proizvođača motora), korištenje fenotiazina je zaustavljeno.

Fenil-β-naftilamin se pokazao kao dobro mazivo, ali njegova upotreba je zabranjena kada je otkriven izuzetno štetan utjecaj na životnu sredinu [4]. Optimalnu efikasnost maziva za mlazne motore, u smislu postizanja sinergističkog efekta, daju *dva anti-oksidansa* (veća sigurnost pri datoj koncentraciji zajedno nego pojedinačno). To je *kombinacija oligomernih i monomernih amina kao antioksidansa*. Druga inovacija je primjena *monomernog antioksidansa* koji čine oligomeri tokom oksidacije, čime se produžava dužina trajanja protu-oksidativnih osobina maziva. Jedan osnovni nedostatak modernih antioksidantnih kombinacija je njihova tendencija ka agresivnosti prema elastomerima.

Maziva se takođe, upotrebljavaju i za smanjenje trošenja dijelova aviona, pri čemu se najčešće koristi *trikrezil fosfat, TCP*, obično u koncentracijama između 1 i 3%. TCP reaguje s površinom metala, pri čemu se formira hemijski apsorbcioni sloj koji štiti elemente od međusobnog trenja. Hemijska formula navedenog jedinjenja prikazana je na slici 3:

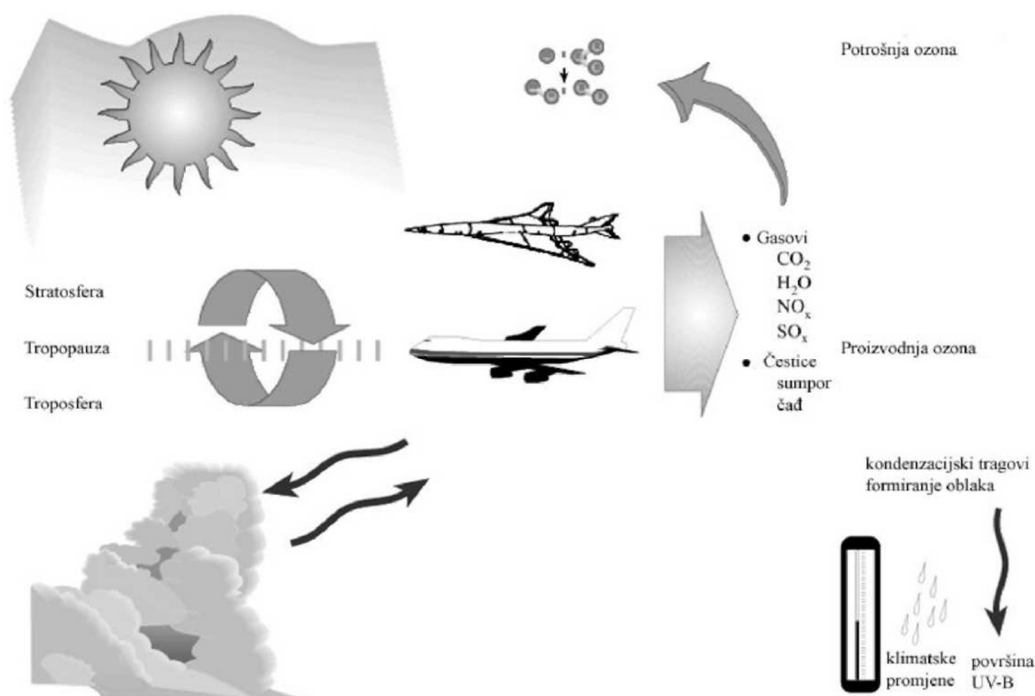


Slika 3: *Trikrezil fosfat, TCP* [4]

Kada se radi o ekstremnim uslovima pritiska, kao što su kod prenosnika motora i kod helikoptera, mogu se koristiti *sredstva za podmazivanje koja sadrže fosfatne soli s aditivima od amina*. Iako se time postižu poboljšanja sposobnosti maziva, na taj način se *može mazivo učiniti agresivnijim prema određenim vrstama elastomera*, posebno silikonskom materijalu (povećanje sposobnosti koksovanja maziva). Drugi nedostatak je da u prisustvu vode, ova vrsta aditiva reaguje s nezaštićenom legurom magnezijuma koje se nalaze na površinama unutrašnjosti motora. Ako je sistem suv ili su magnezijumske legure na površinama dovoljno dobro zaštićene epoksidnom prevlakom, tada se reakcija ne odvija [4].

4. UTICAJ GORIVA I MAZIVA U AVIJACIJI NA ŽIVOTNU SREDINU

Nafta i njeni derivati, uključujući goriva i maziva koja se upotrebljavaju u avijaciji, predstavljaju osnovu savremenog industrijskog razvoja, ali nažalost, istovremeno i temeljne zagađivače životne sredine. Zagađivanje životne sredine naftom i derivatima je najmasovnije i najšire rasprostranjeno, počevši od individualnih uticaja čovjeka, kao korisnika motornih vozila i drugih mehaničkih sistema, do kontinuiranog uticaja svih grana industrije i svih oblika privrednih djelatnosti. Saglasno svim dosadašnjim rezultatima istraživanja, sve vrste maziva, svježa, rabljena ili otpadna ulja, smatraju se zagađivačima životne sredine. Sva maziva, a naročito otpadna, uništavaju mikrofloru zemljišta i čine ga neplodnim za duže vrijeme, jer se biološki teško i sporo razgrađuju. I u vrlo malim koncentracijama, vodu čine neupotrebljivom za piće. Kada se radi o otpadnim uljima, stepen opasnosti se povećava u zavisnosti od dužine upotrebe i težine uslova rada [7]. Pri letu aviona, proizvodi izgaranja goriva, predstavljaju opasne zagađivače atmosfere, slika 4.



Slika 4: Vazduhoplovstvo u atmosferi [1]

Većina aviona leti u predjelu troposfere i donje stratosfere, dakle, na visinama između 9 i 20 kilometara iznad površine zemlje. Komercijalni putnički avioni, danas su isključivo podzvučnog (subsonic) tipa i lete na visinama do 13 kilometara. Većina emisija izduvnih gasova i čestica odvija se na visinama do 13 kilometara iznad zemljine površine. Dio emisije se oslobađa i na površini zemlje (na aerodromima prilikom polijetanja i slijetanja) [1,2].

Zagađivanje vazduha obuhvata prisustvo jedne ili više materija kao što su: aerosoli (prašine, dimovi, magle), gasovi i pare takvog značaja i u takvim koncentracijama da mogu biti štetni za život i zdravlje ljudi i/ili životinja. Takođe, mogu negativno uticati i na biljni svijet. Iako problem zagađivanja vazduha i negativnih uticaja zagađivača na čovjeka postoji nekoliko stotina godina, ipak mu se nije pridavala posebna pažnja, sve dok nekoliko katastrofalnih primjera takvih zagađivanja nisu prouzrokovale isticanje tog pitanja kao jednog od važnih problema javnog zdravlja današnjice [7,8]. Neki od katastrofalnih primjera imali su za posljedicu akutne bolesti, pa i smrtne slučajeve velikog broja stanovništva u kratkom vremenskom intervalu na ograničenom prostoru.

5. ZAKLJUČAK

Goriva i maziva koja se koriste u avijaciji razlikuju se od goriva i maziva koja se koriste u drugim oblicima prevoza, prvenstveno zbog različitih fizičkih sila, atmosferskih prilika i konstrukcija motora aviona i helikoptera, ali isto tako i zbog potrebe ostvarivanja maksimalne sigurnosti i uspješnosti pri djelovanju a sve u cilju minimaliziranja mogućnost bilo kakve greške, odnosno kvara.

U zavisnosti od vrste motora u avionu, koriste se različita goriva i različita maziva. Posljednjih nekoliko decenija mlazni motori aviona koriste mlazno gorivo Jet A-1. Po hemijskom sastavu, mlazno gorivo je složena smješa osnovne četiri grupe ugljovodonika: parafina, naftena, aromata i olefina. Njihov sadržaj u gorivu kreće se od 98% do 99%, dok su ostatak od 1% do 2%

neugljovodonična jedinjenja S, N, O i u tragovima različiti metali ili jedinjenja koja sadrže metale.

Gasovi i čestice koji nastaju sagorijevanjem pogonskog goriva aviona su: vodena para (H_2O), ugljen dioksid, CO_2 , azot monoksid, NO, azot dioksid, NO_2 (NO i NO_2 zajednički se označavaju kao NO_x), sumporni oksidi, SO_x i čađ.

Maziva se danas suočavaju, a i u budućnosti će se suočavati s ozbiljnim izazovima, od kojih je najveći izazov toplota. Moderna kućišta motora dostižu temperature maziva između 80 i 100 °C, dok se prilikom prečišćavanja ta temperatura podiže i na približno 190°C, uz dodatno izlaganje temperaturama uz metalni zid ležaja komore za sagorijevanje, čak do 300 i 400 °C. Ne smije se zanemariti ni značajan uticaj izduvnih gasova sagorijevanja goriva u toku leta aviona na životnu sredinu, za koji se procjenjuje da se svakodnevno povećava sve većim brojem letova. Ispuštanje gasova staklene bašte, ali i prisustvo ekološki neprihvatljivih materija u određenim mazivima, značajan je ekološki problem. S toga se očekuje da proizvodnja biodizela pogodnog za avione i helikoptere u budućnosti značajno poboljša problem potrošnje goriva i uticaja na životnu sredinu.

6. LITERATURA

- [1] B. Arsenović, E. Banjac: "ECOLOGICAL ASPECTS OF AIRCRAFT EXHAUST GASES AFFECT IN SUM OF GREEN-HOUSE ATMOSPHERE GASES"; International Conference on Innovative Technologies; INTECH 2011; BRATISLAVA; SLOVAKIA; (str 23 – 25)
- [2] B. Arsenović, Z. Janjuš, E. Banjac: "Uticaj izduvnih gasova aviona na sumu gasova staklene bašte atmosfere" XIV YUCORR, 2012.
- [3] Đ. Šilić, V. Stojković i D. Mikulić, *Goriva i maziva*, Veleučilište Velika Gorica, Velika Gorica, 2012.
- [4] R. M. Mortier, M. F. Fox i S. T. Orszulik, *Chemistry and Technology of Lubricants*, Springer, Sevenhampton, 2010.
- [5] Global Aviation, *Aviation Fuels Technical Review*, Chevron Corporation, 2004
- [6] G. E. Totten, *Fuels and lubricants handbook: technology, properties, performance and testing*, ASTM International, Glen Burnie, 2003.
- [7] M. Stojilković i M. Pavlović, Utjecaj maziva na okoliš, *Goriva i maziva*, svez. 48, br. 1, pp. 71-81, 2009.
- [8] F. Valić, *Zdravstvena ekologija*, Medicinska naklada, Zagreb, 2001.