

Testing and verification of the quality of JET A-1 fuel and lubricants from the aspect of device operation and engine unit testing

Ispitivanje i verifikacija kvaliteta goriva JET A-1 i maziva sa aspekta rada uređaja i ispitivanja agregata motora

Danijela Jovičić, Zorica Ristić, Stanko Spasojević, Božidarka Arsenović*

„ORAO“ A.D. za proizvodnju i remont Bijeljina, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina

https://doi.org/10.65614/uisk_yucorr.2025.26.ch15

*bokijevmejl@gmail.com

Abstract

In the aviation industry, in order to ensure the safe operation of jet engines in all modes and in all application conditions, the fuel and lubricants used must have a safe quality prescribed by relevant international standards. Conventional jet fuels are chemically complex mixtures consisting of four basic groups of hydrocarbons: paraffin, naphthene, aromatics and olefins. Their content in the fuel ranges from 98% to 99%, while the rest from 1% to 2% are non-hydrocarbon compounds: sulfur, nitrogen, oxygen and traces of various metals or compounds containing metals. In the last decades of the twentieth century, the development and use of sustainable alternative jet fuels emerged as a key factor in reducing the decarbonization of the airspace (reducing aviation-related CO₂ emissions). "Refuel Aviation" initiative promotes the development and use of sustainable aviation fuels. of SAFs (sustainable aviation fuels) for the decarbonization of air traffic, highlighting the obligation of suppliers to increasingly sell sustainable fuels at all airports within the EU.

Lubricants in aviation face serious challenges, the biggest of which is heat. Modern engine housings achieve lubricant temperatures in the range between 80 °C and 100 °C, while during purification this temperature rises to approximately 190 °C, with exposure to temperatures up to 300 °C and 400 °C along the metal wall in the chamber bearing.

The paper presents some physical and chemical characteristics of modern JET A-1 fuel and the characteristics and composition of some lubricants. Verification of the quality of the same at the end user is a necessary and legally binding condition for proper exploitation.

Keywords: Jet fuel JET A-1; lubricants; turbojet engine; quality control

Izvod

U vazduhoplovnoj industriji, u cilju obezbjeđivanja sigurnog rada mlaznih motora na svim režimima i u svim uslovima primjene upotrijebljeno gorivo i maziva moraju imati siguran kvalitet propisan relevantnim međunarodnim standardima. Konvencionalna mlazna goriva su po hemijskom sastavu složene smješe koje se 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. Posljednje decenije dvadesetog vijeka, razvoj i upotreba održivih alternativnih mlaznih goriva se javlja kao ključni faktor u smanjenju dekarbonizacije vazdušnog prostora (smanjenju emisija CO₂ vezanog za vazduhoplovstvo). „Refuel Aviation“ inicijativa promoviše razvoj i upotrebu održivih vazduhoplovnih goriva tzv. SAF-ova (sustainable aviation fuels) za dekarbonizaciju vazdušnog saobraćaja, ističući kao obavezu snabdjevača da sve više prodaju održiva goriva na svim aerodromima unutar EU.

Maziva se u vazduhoplovstvu 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.

U radu su prikazane neke fizičko-hemijske karakteristike savremenog goriva JET A-1 i karakteristike i sastav nekih maziva. Verifikacija kvaliteta istih kod krajnjeg korisnika je neophodan i zakonski obavezujući uslov za pravilnu eksploataciju.

Ključne riječi: mlazno gorivo JET A-1; maziva; turbomlazni motor; kontrola kvaliteta

Uvod

Sa aspekta trenutnih mogućnosti i raspoloživih resursa, "ORAO" a.d. Bijeljina ima osvojen i serijski izvršeni remont turbomlaznih motora (motori Rolls-Royce): VIPER 22-6, VIPER 22-8, VIPER 531, VIPER 632-41, VIPER 632-46, VIPER 632-43 i VIPER 633-41 i motora ruske proizvodnje: R-13-300, R-25-300, RD-33, R-95Š i AI-25TL i osvojenu i serijski izvršenu proizvodnju motora VIPER 632/633 po licenci firme Rolls-Royce iz Engleske. 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, postoji i drugi niz problema zbog kojih gorivo za mlazne motore mora ispuniti određene zahtjeve.

Na našim prostorima u upotrebi je 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].

U cilju smanjenja emisija gasova staklene bašte, IATA (International Aviation Transport Association) je ažurirala strategiju kojoj je osnovni cilj da avioni imaju 0% emisija gasova staklene bašte do 2050. godine. Ta strategija se sastoji od četiri faze:

- 1) unaprjeđenje tehnologije i visoka opredjeljenost ka gorivima sa niskim sadržajem ugljenika,
- 2) unaprjeđenje operacija aviona,
- 3) kvalitetnija infrastruktura u aerodromima,
- 4) ekonomske mjere, radi postizanja globalnog tržišta i pokrivanja ostalih emisija.

Održivo vazduhoplovno gorivo (Sustainable Aviation SAF) je glavni naziv koji vazduhoplovna industrija koristi za predstavljanje nekonvencionanog vazduhoplovnog goriva.

Standard ASTM D7566 (Standard za avionsko sintetizovano turbinsko gorivo koje sadrži ugljovodonike). Ova oznaka definiše karakteristike i svojstva obje uredne sintetizovane komponente miješanja, kao i miješani avionsko-turbinski ekvivalent goriva (mlazno gorivo JET A i JET A-1). Sintetizovane komponente mogu biti izrađene iz mnogih izvora, kao što su prvenstveno biomasa (lignoceluloza, šećeri, masti, ulja i masti), otpadni tokovi, sintetički gas, itd.

Standard ASTM D1655 (Standardna specifikacija za avio-turbinsko gorivo) definiše specifične vrste avio-turbinskog goriva za civilnu upotrebu u radu i sertifikaciji aviona, opisuje gorivo za koje je utvrđeno da je zadovoljavajuće obnovljivo vazduhoplovno gorivo (zakonodavna primjena za rad aviona i motora).

Fizičko-hemijske karakteristike mlaznog 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. U tabeli 1 prikazani su osnovni podaci o gorivu za mlazne motore JET A-1 [3,4,6].

Tabela 1. Osnovni podaci o gorivu za mlazne motore JET A-1

Red. broj	KARAKTERISTIKE	VRIJEDNOST
	Izgled	bistra prozirna tečnost bez slobodne vode i vidljivih mehaničkih nečistoća na temperaturi okoline
1	Boja	prijavljuje se
2	Čestice, ukupan broj čestica, mg/l	max 1.0
SASTAV		
3	Ukupna kiselost, mg KOH/g	max 0,015
4	Sadržaj aromata, %v/v	max 25
5	Sadržaj ukupnih aromata, %v/v	max 26.5
6	Sadržaj ukupnog sumpora	max 0.30
7	Sadržaj merkaptanskog sumpora	max 0,003
ISPARLJIVOST		
8	Destilacija: početak, °C	prijavljuje se
	10%v/v postotak predestilisanog, °C	205
	50%v/v postotak predestilisanog, °C	prijavljuje se
	90%v/v postotak predestilisanog, °C	prijavljuje se
	Kraj, °C	max 300
	Ostatak, %v/v	max 1.5
	Gubitak, %v/v	max 1.5
9	Gustina kod 15°C, kg/m ³	max 775.0 do 840.0
OSOBINE TEČLJIVOSTI		
10	Tačka mržnjenja, °C	max – 47.0
11	Kinematička viskoznost na -20°C, mm ² /s	max 8.000
TOPLOTNA MOĆ		
12	Toplotna moć (donja), MJ/kg	min 42.80
STABILNOST		
13	Kontrolna temperatura, °C Razlika pritiska na filtru, mmHg Ocjena taloga na cijevi grijača (vizuelno), razred	max 260 mmax 25.0 manje od 3
NEČISTOĆE, mg/100 ml		
14	Postojeća smola, max S aditivom za poboljšanje provodljivosti Bez aditiva za poboljšanje provodljivosti	max 7 min 70 min 85
15	Električna provodljivost, pS/m	50 do 600

Shodno međunarodnim standardima, u mlaznim gorivima dozvoljena je primjena samo propisanih sljedećih aditiva: *antioksidanasa, antistatičkih sredstava, inhibitora korozije, biocida i metalnih deaktivatora*.

Fizičko-hemijske karakteristike maziva za mlazne motore

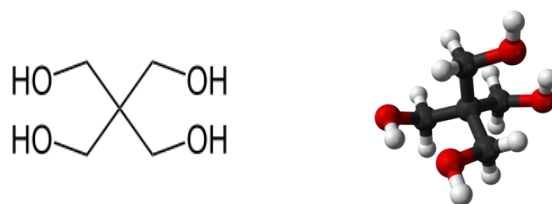
Mlazni motori aviona, u principu su jednostavniji od klipnih motora u pogledu njihove kompleksnosti i izgradnje, pa su, shodno tome i jednostavniji kada se primjenjuju maziva za podmazivanje. U komori za sagorijevanje goriva nema pokretnih dijelova, te mazivo nije izloženo direktno temperaturama izgaranja. 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 [5,6].

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 uticaj na osobine gotovog proizvoda. Na primjer, više lanaca di-kiseline poboljšava indeks viskoziteta, ali smanjuje temperature stinjanja.

Sintetičko motorno ulje, Mobil Jet Oil 2, MIL PRF23699F je organska materija *visokosintetičkog baznog ulja (fluida) neopentil poliol estera*, slika 1. Sadrži dodatke – aditive za poboljšanje oksidacionih, antikorozionih osobina kao i dodatke protiv habanja, tabela 2. Ovo sintetičko motorno di-ester ulje je pogodno za maksimalnu temperaturu ulja u rezervoaru do 149°C i temperature u ležaju do 204 °C. Posjeduje odobrenje proizvođača za veliki broj motora: Honeywell turbine; Kompanija za motore Rolls-Royce/Alison; CMF-International; General Electric kompanija; Međunarodni aeromotori; Pratt & Whitney grupa Kanada; Rolls-Royce Limited; CHECMA; Kompanija za turbinske motore Honeywell/Garrett i Turbomeca.



Slika 1. Pentaeritritolol, $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}_4$.

Tabela 2. Sastav sintetičkog motornog ulja Mobil Jet Oil 2

Red. Broj*	Naziv	CAS broj
1	masne kiseline, C5-10 estri sa pentaeritritolom (<i>fatty acids, c5-10, esters with pentaerythritol</i>)	68424-31-7
2	masne kiseline, C5-10 estri sa dipentaeritritolom (<i>fatty acids, c5-10, esters with dipentaerythritol</i>)	70983-72-1
3	1-naftilamin, n-fenil, (<i>1-naphthylamine, n-phenyl-</i>), PAN, C ₁₆ H ₁₃ N	90-30-2
4	bis(4-(1,1,3,3-tetrametilbutil)fenil)amin, (<i>bis(4-(1,1,3,3-tetramethylbutyl)phenyl)amine</i>), OPAN, C ₂₈ H ₄₀ O	15721-78-5
5	trikrezil fosfat (<i>tricresyl phosphate</i>) TCP, C ₂₁ H ₂₁ O ₄ P	1330-78-5
6	fosfor (<i>phosphorus</i>), P	7723-14-0

*1 i 2 – bazno ulje; 3-6- aditivi

Jedna od najvažnijih osobina mazivih ulja je *promjena viskoznosti ulja s temperaturom* (sposobnost tečenja ili unutrašnjeg trenja slojeva). U vezi s tim, na osnovu ponašanja ulja na temperaturi 40°C, sva maziva su klasifikovana u 7 ISO VG viskozitetnih gradacija (ISO VG 15 do ISO VG 150, slika 3. Ulja za podmazivanje niže viskoznosti i potencijalno većeg otpora naprezanju moraju održavati dovoljnu debljinu uljnog filma, u suprotnom će porastom temperature doći do smanjenja ili nestanka uljnog filma i kontakta dviju metalnih površina. Tada se kaže da je došlo do „zaribavanja“.

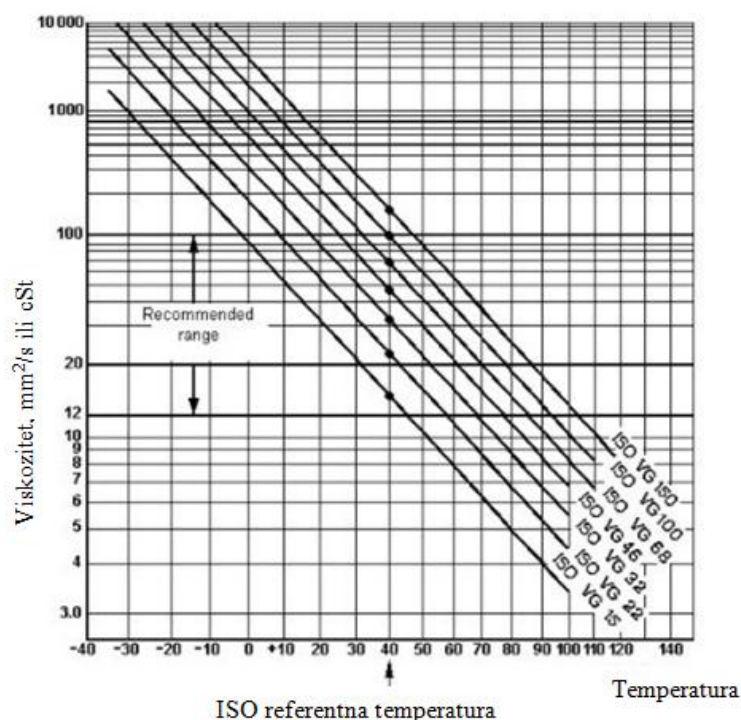
Osobine baznih ulja poboljšavaju se dodavanjem aditiva gotovom proizvodu. Osim *poliglikol zgušnjivača*, koji se koristi u 7,5 cSt diester - baznim mazivima, za većinu vrsta koristi se i *poliol*.

Aero Shell Turbine Oil 750, DEF STAN 91-098 je sintetičko miješano estarsko ulje viskoznosti 7,5 cSt koje sadrži zgušnjivač i aditive koji pružaju permanentno podmazivanje u civilnim gasnim turbinama, posebno turbopropelerskim motorima (dobro ulje za prenos opterećenja za reduktor propelera).

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.

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 apsorpcioni sloj koji štiti elemente od međusobnog trenja.



Slika 3. Promjena viskoznosti ulja u zavisnosti od temperature (ISO VG gradacija ulja).

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].

Upotreba maziva pri ispitivanju agregata

Paralelno sa procesom opravke turbomlaznih motora i komponenti aviona, kao i nazavisno od ovih procesa, u "ORAO" a.d. se vrši opravka svih gorivnih, hidro, uljnih i elektro agregata koji se razlikuju u zavisnosti od proizvođača i tipa turbomlaznog motora i aviona. Proces opravke agregata se obavlja u skladu sa zahtjevima originalnih tehničkih specifikacija, tj. komplementan tehnološki proces je opisan u instrukcijama za remont agregata, urađenim od strane proizvođača. Svaki agregat ima svoju listu ispitivanja i ona je jedinstvena.

Za ispitivanje agregata, pored goriva za mlazne motore, JET A-1, koriste se različiti radni fluidi: kalibracioni fluid MIL-PRF-7024 tip II; Aero Shell Fluid 41 i sintetičko motorno ulje Mobil Jet Oil II, sa propisanim fizičko hemijskim karakteristikama, tabela 3 [5]. Uzimanje uzoraka radnog fluida se vrši prema standardu SRPS ISO 3170 "Ručno uzimanje uzoraka". Ispitivanje fizičko-hemijskih karakteristika radnih fluida se obavlja prema standardnim metodama i internim uputstvima sa standardnom laboratorijskom opremom i priborom.

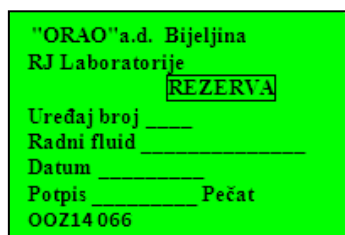
Tabela 3. Fizičko-hemijske karakteristike mazivih ulja u eksploataciji instaliranih uređaja

Fizičko-hemijske karakteristike	Kalibracioni fluid, tip 2 ¹⁾ MIL-PRF-7024	Aero Shell Fluid 41 MIL-H-5606F	Mobil Jet Oil 2 MIL-PRF-23699F
---------------------------------	---	------------------------------------	-----------------------------------

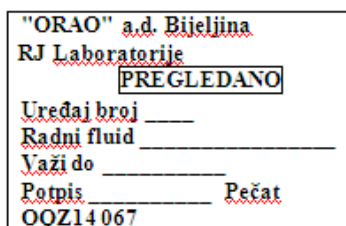
Spoljni izgled	bistra tečnost	prozračna tečnost crvene boje	bistra narandžasta tečnost
Specifična težina na 15.6°C, g/cm ³	0.770±0.005	0.870	ne uslovljava se ali se prijavljuje, type 1.0035
Kinematička viskoznost, 25°C, mm ² /s	1.17±0.05	min 13.2 ³⁾ min 4,90 ⁴⁾	min 23 ⁷⁾ (4,9-5,4) ⁸⁾
Kiselinski broj, mg KOH/g	-	max 0.20	max 1.0
Korozija, Cu traka, 3h 100°C, max	1	max 25 ⁵⁾	1 b
Tačka paljenja, otvoreni sud, °C	min 38 ²⁾	min 82 ⁶⁾	min 246
Sadržaj vode	ne sadrži	ne sadrži	ne sadrži
Sadržaj mehaničkih nečistoća	max 2,0 mg/l	ne sadrži	max 10,0 mg/l

¹⁾ – fluid za kalibraciju; ^{2,6)} – tačka paljenja (zatvoreni sud); ^{3,7)} – kinematička viskoznost na 40 °C; ^{4,8)} – kinematička viskoznost na 100 °C; ⁵⁾ – korozivnost na 135°C na 72 h.

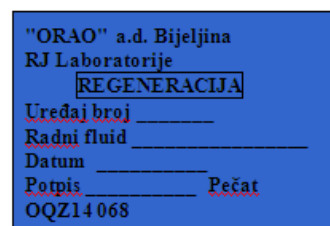
Kvalitet radnog fluida u uređajima i agregatima, kao i osposobljenost uređaja za rad sa aspekta kvaliteta radnog fluida, verifikuje se sa tri verifikacione naljepnice, slika 4 [5].



a)



b)



c)

Slika 4. Verifikacione naljepnice kvaliteta radnog fluida na uređajima i agregatima: zelena verifikaciona naljepnica za uređaj u rezervi, a) bijela verifikaciona naljepnica za važeći period zahtjevanog kvaliteta radnog fluida, b) i plava verifikaciona naljepnica za nezadovoljavajući kvalitet radnog fluida (zabrana ispitivanja na uređaju).

Na slici 5 prikazani su uređaji za ispitivanje gorivnih agregata, Dawty, model 4400, slika 5a) i uređaj za ispitivanje pumpi ulja, AMS model BEP 1341/B, slika 5b).



a)



b)

Slika 5. Uređaji za ispitivanje gorivnih agregata, Dawty, model 4400, slika 5a) i uređaj za ispitivanje pumpi ulja, AMS model BEP 1341/B, slika 5b).

Radni fluidi u uređajima: 5a) Kalibracioni fluid, type 2 i 5b) Mobil Jet Oil 2

Zaključak

Posljednjih nekoliko decenija mlazni motori aviona koriste mlazno gorivo Jet A-1. Razvoj i upotreba održivih alternativnih mlaznih goriva se javlja kao ključni faktor u smanjenju dekarbonizacije vazdušnog prostora. „Refuel Aviation“ inicijativa promovise razvoj i upotrebu *održivih vazduhoplovnih goriva* tzv. SAF-ova (*sustainable aviation fuels*) za dekarbonizaciju vazdušnog saobraćaja. *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 uspešnosti pri djelovanju a sve u cilju minimaliziranja mogućnost bilo kakve greške (kvara).

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.

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. B. Arsenović; D. Jovičić: „Ispitivanje fizičko-hemijskih karakteristika radnih fluida u uređajima-Periodična kontrola kvaliteta radnih fluida“; 052/5 –LQ-5; „ORAO“ a.d. Bijeljina, 2023.
6. B. Arsenović; „Development of alternative jet fuels from the aspect of reducing CO₂ emissions (fuels for the future) Part 2; XXV YuCORR, Divčibare, Republika Srbija, 2024.
7. Global Aviation, *Aviation Fuels Technical Review*, Chevron Corporation, 2004.
8. G. E. Totten, *Fuels and lubricants handbook: technology, properties, performance and testing*, ASTM International, Glen Burnie, 2003.
9. Standardi: DEF STAN 91-91; ASTM D7566; ASTM D1655; MIL PRF23699F; MIL - C-7024; MILH 5606F.