

## PRODUŽENJE VREMENSKOG ROKA RADA VAZDUHOPLOVA

mr Karadžić Radoje, dipl. ing., Vojska Crne Gore, e-mail: karadzic.radoje@yahoo.com  
prof.dr. Miodrag Bulatović, Mašinski fakultet Podgorica, 81000 Podgorica, e-mail:  
bulatovm@yahoo.com  
mr Jelenko Milaković, dipl.ing., Vojska Crne Gore, e-mail: jelenkomil@yahoo.com

### REZIME

*Klasična tehnologija održavanja, bazirana na povremenim pregledima poslije određenog broja časova leta ili vremenskog perioda upotrebe aviona, sve više ustupa mjesto savremenoj, tehnologiji održavanja prema stanju. Nedostatak remontnih kapaciteta sa jedne strane, i istek vremenskih rokova rada na sve većem broju aviona sa druge strane, zahtijevaju iznalaženje rješenja u obnovi resursa. Stalni napredak u tehnologijama za praćenje (nadgledanje) stanja omogućio je produženje propisanih rokova rada i vijeka upotrebe borbenih aviona. Kao rješenja nameću se dvije mogućnosti: obnoviti resurs kroz "ubrzani remont" i kroz "Program za produženje vremenskog roka rada".*

**Ključne riječi:** tehnička dijagnostika, rok rada, remont, vijek upotrebe, održavanje prema stanju

### 1. MOGUĆNOSTI OBNOVE RESURSA

Održavanjem se postiže potreban stepen operativne gotovosti i pouzdanosti, neophodan za efikasnu upotrebu i borbenih i putničkih aviona.

Teorija pouzdanosti i teorija održavanja predstavljaju osnovu za programiranje i praktičnu realizaciju kvalitetnih postupaka održavanja. U vazduhoplovstvu, koje pripada sistemima visoke bezbjednosti, metodologija održavanja je i sama zasnovana na održavanju prema pouzdanosti.

U odnosu na uspostavljeni sistem održavanja, primijenjenu tehnologiju i organizaciju, razlikuju se sledeće koncepcije održavanja borbenih aviona (slika 1):

- preventivno,
- korektivno,
- kombinovano



Slika 1. Konceptije održavanja borbenih aviona

Preventivno održavanje je najčešće zastupljena koncepcija održavanja letjelica, iz prostog razloga, što se radi o sistemima gdje je potrebno obezbijediti visoku pouzdanost funkcionisanja. Preventivno održavanje može da se realizuje prema stanju (POPS) - moderniji koncept održavanja i prema fiksnom roku rada (engleski: *hard time*) - relativno starija i skuplja varijanta održavanja.

Preventivno održavanje prema stanju (POPS) se odvija kroz svoje dvije varijante:

- POPS sa provjerom parametara stanja, pri čemu se stanje posmatra i prati diskretno ili kontinualno (*Condition Monitoring ili On-Condition Maintenance ili Condition-Based Maintenance*),
- POPS sa provjerom pouzdanosti (*Reliability Level Inspection*).

Korektivno održavanje je manje zastupljena koncepcija održavanja u vazduhoplovstvu iz razumljivih razloga. Ono podrazumeva otklanjanje otkaza tek po njegovom uočavanju, što je nedopustivo kod sistema koji utiču na bezbjednost leta.

U vazduhoplovstvu je, zbog potrebe zadovoljenja visoke bezbjednosti letenja, najvećim dijelom primijenjeno preventivno održavanja prema fiksnom roku rada ili preventivno održavanja prema stanju - POPS. Na starijim avionima (na avionima druge generacije i na većem broju aviona treće generacije) se uglavnom primjenjuje koncepcija preventivnog održavanja prema fiksnom roku rada; dok je koncepcija POPS sa provjerom parametara stanja našla svoju primjenu u održavanju savremenijih borbenih aviona treće generacije i dominantna je koncepcija u održavanju aviona četvrte generacije.

Klasična tehnologija održavanja, bazirana na povremenim pregledima poslije određenog broja časova leta ili vremenskog perioda upotrebe aviona, sve više ustupa mjesto savremenoj, tehnologiji održavanja prema stanju. Primjena ove tehnologije sa novom modularnom konstrukcijom motora, obezbjeđuje brz i jednostavan pristup djelovima motora i značajno korišćenje dijagnostičke opreme za monitoring stanja.

*Održavanje po stanju* je dijagnostički proces preventivnih postupaka koji se izvode kontinualno ili periodično prije nastanka otkaza, uz mogućnost njegove prognoze i geneze. Suština efikasne primjene **održavanja prema stanju** bazira se na sposobnosti detekcije, klasifikacije i predikcije razvoja mehanizma otkaza sa dovoljnom tačnošću i korišćenja tih informacija kao baze za planiranje održavanja komponenti koje utiču na bezbjednost letenja.

Remont predstavlja najsloženiji vid održavanja, kojim se borbenim vazduhoplovima obnavlja rok rada i povećava pouzdanost rada za vrijeme, novopropisanog roka rada.

Nedostatak remontnih kapaciteta sa jedne strane, i istek vremenskih rokova rada na sve većem broju aviona sa druge strane, zahtijevaju iznalaženje rešenja u obnovi resursa.

Kao rješenja nameću se dvije mogućnosti i to: obnoviti resurs kroz **ubrzani remont** i kroz preglede po posebnom "**Programu za produženje vremenskog roka rada**".

- Ubrzani remont aviona
- Program za produženje vremenskog roka rada do prve opšte opravke na avionima

U pripremi predloženih programa (tehnologije) oslonac je na postulatima teorijskih i praktičnih ispitivanja teorije preventivnog održavanja tehničkog sistema prema stanju. Preventivno održavanje prema stanju sprovodi se na taj način, što se najprije, nezavisno od stanja oštećenosti sastavnih elemenata sistema vrši "pregled stanja" dijagnostičkim postupcima, a nakon toga, zavisno od konstatovanog stanja sprovode postupci održavanja (podešavanje, opravka, zamjena delova, sklopova agregata itd).

Osnovna zamisao ubrzanog remonta je:

- za što kraći vremenski period obezbijediti resurs vazduhoplovima uz maksimalnu bezbjednost letenja, skraćenjem ciklusa remonta kao i vremenskog normativa remonta;
- smanjenje obima radova na pojedinim sistemskim cjelinama bez uticaja na bezbjednost letenja;
- da propisani rok rada aviona posle izvršenih radova bude veći ili jednak polovini propisanog međuremontnog roka rada ili po mogućstvu jednak međuremontnom roku rada propisanog važećim VTUP-om za dati tip aviona.

## **2. UBRZANI REMONT AVIONA G-4**

Na osnovu izvršenih analiza utroška međuremontnog roka rada došlo se do zaključka da su avioni tipa G-4 utrošili 50 % časovnog roka rada, a da im je istovremeno istekao propisani vremenski rok rada od 10 godina.

### **2.1. Program ubrzanog remonta**

Program za ubrzani remont aviona osmišljen je i koncipiran na osnovama što bolje spoznaje o stanju aviona odnosno stvaranju što bolje slike o stanju tog aviona. Da bi ova slika stanja bila što realnija, a samim tim i program ubrzanog remonta aviona G-4 bio što kvalitetniji program je baziran na bazi već ranije primenjivanih programa: produženje roka rada avionima NL-16, L/NL-18 i produženje vijeka upotrebe avionima L-14 i L-15, kao i na osnovu usvojenih postupaka održavanja vazduhoplova po stanju koji podrazumijeva određene vrste pregleda na osnovu kojih se određuje stanje elementa (sistema) i u zavisnosti od toga sprovode postupci održavanja (podešavanje, opravka, zamjena dijelova, sklopova i agregata).

Osnove za sticanje uvida u tehničko stanje aviona u predloženim programima su:

- analiza dokumentacije aviona;
- izvršenje najobimnijeg povremenog pregleda
- vanredni pregledi koji nijesu definisani u najobimnijem povremenom pregledu, a proistekli su iz analize pouzdanosti i provjera nosećih elemenata zrnja aviona definisanih remonto tehničkom dokumentacijom;
- održani sastanci i razgovori sa najiskusnijim specijalistima koji duži niz godina rade na održavanju aviona istog tipa;
- dosadašnja iskustva iz usvajanja remonta aviona tipa G-4, kao i realizovanim programima produženja roka rada i vijeka upotrebe za avione L;
- remonto tehničke dokumentacije za avione tipa G-4;
- u cilju bezbjednosti rada sistema i sklopova sa aspekta degradacije parametara uveden je dio obaveznih radova koji bi se sprovodili uporedo sa povremenim pregledom (i to: opravka strukture, opravka cjevovoda, zamjena durita i gipkih cjevovoda, opšta opravka sjedišta i zamjena sklopova koji su naradili više od 600 časova resursa posle opšte opravke).

Program je koncipiran tako da su ga zajedno izvršavali jedinica i VZ»Moma Stanojlović» kroz sledeće faze:

I FAZA - prijem aviona i pripremni radovi

II FAZA - uvid u stanje dokumentacije

- obrada dokumentacije
- analiza resursa i rokova rada

III FAZA - uvid u stanje aviona

- provjera geometrije aviona
- provjera funkcionalnosti svih sistema pri radu motora i konzervacija motora
- provjera funkcionalnosti svih sistema bez motora

IV FAZA - analiza stanja aviona sa predlogom obima radova

V FAZA - materijalno obezbeđenje programa

VI FAZA-prošireni dvogodišnji pregled aviona sa vanrednim pregledima

- demontaža
- defektacija
- dvogodišnji povremeni pregled
- opravka strukture
- opravka r/d i opreme

VII FAZA-završni radovi

- montaža aviona
- završna provjera aviona
- bojenje aviona
- letna ispitivanja aviona



Ističemo IV fazu (analiza stanja sa predlogom obima radova) i V fazu (materijalno obezbeđenje programa), kao dvije ključne faze programa i ukoliko se one odrade kvalitetno, temeljno i pravovremeno ostale faze programa prelaze u domen radova definisanih radnim listama izvršenja povremenih pregleda i tehnološkim listama izvršenja remonta.

Realizacijom programa ubrzanog remonta vazduhoplovstvo dobija više ispravnih aviona sa rokom rada od po 5 godina ili 500 časova

U programu su zastupljena ispitivanja elemenata, sklopova i r/d primenom metoda bez razaranja (endoskopija, penetranti, feromagnet, vrtložne struje, ultrazvuk i magnetna metoda). Ovim ispitivanjima obavezno podliježu djelovi aviona i sisteme koje su od bitnog uticaja na

bezbjednost letenja (sva vezna mesta trupa aviona sa ostalim konstruktivnim cjelinama kao i sve komande leta od hidropokretača do izvršnih komandnih površina).

Po jednom avionu program traje 3 meseca i 10000 NČ.

Poređenja radi u tabeli je prikazan uporedni pregled broja NČ kao i trajanje izvršenja klasičnog i ubrzanog remonta na jednom avionu tipa G-4 izraženog u mesecima (kalendarski).

Upoređujući vrijednosti u tabeli evidentan je dobitak vazduhoplovstva.

Remont u VZ "Moma"		Ubrzani remont	
Vremensko trajanje remonta	Vrijednost remonta (NČ)	Vremensko trajanje remonta	Vrijednost remonta (NČ)
od 28-40 mjeseci	17400 NČ	3 mjeseca	10000 NČ

Program ubrzanog remonta rađen je u osnovi, da se avionu, ako zadovolji tehničko stanje, utvrdi novi rok rada maksimalno za 500 časova ili 5 godina i ne predstavlja potpun program održavanja aviona po tehničkom stanju na osnovu koga bi nakon isteka tog roka rada išao ponovni pregled i nova dodjela roka rada shodno tehničkom stanju aviona i njegovih sistema. Daljim razvojem tehnologije tehničke dijagnostike u vazduhoplovstvu uhodavanjem uvedenog programa i iskustvima po istom, moći će se krenuti u složeniji projekat "Održavanje aviona tipa G-4 prema tehničkom stanju"

Možemo zaključiti:

- Ovim programom avionima tipa G-4 obezbjeđuje se rok rada sve do isteka vijeka upotrebe.
- Program uz adekvatan razvoj tehničke dijagnostike predstavlja dobru osnovu za razvoj "Održavanja aviona tipa G-4 prema stanju"

### 3. PRODUŽENJE VREMENSKOG ROKA RADA DO PRVE OPŠTE OPRAVKE AVIONA G-4

Programom za produženje vremenskog roka rada (tako zvano treće produženje) obuhvaćene su radnje propisane listama povremenih pregleda i dodatni pregledi koje po tehnologiji izvode predstavnici vazduhoplovne industrije. Program na avionima se izvodi u jedinici.

Programom se produžava vremenski rok rada za 2 godine.

Razlozi za uvođenje ovih programa su poznati, prije svega nemogućnost obezbjeđenja remonta.

Na ovaj način spasavaju se avioni od dugog čekanja do upućivanja na remont, a samim tim i od propadanja jer zub vremena ostavlja vidne tragove na avionima koji ne lete.

Da je program produženja vremenskog roka rada uveden ranije ne bi 7 aviona iz VCG (5 aviona G-4Š i 2 aviona G-4) čekalo na remont već 5 godina. Nažalost remontni kapaciteti, a i materijalne mogućnosti ni u skoroj budućnosti neće moći da obezbijede remont ovih 7 aviona.

#### 3.1 Program za produženje vremenskog roka rada do prve opšte opravke na avionima G-4

Od početka primjene programa do danas program je prošlo ukupno 5 aviona G-4. Učešće VZ "Moma Stanojlović" svodi se na 1 tačku, a to je Mjerenje komandi leta po "PKP 3073".

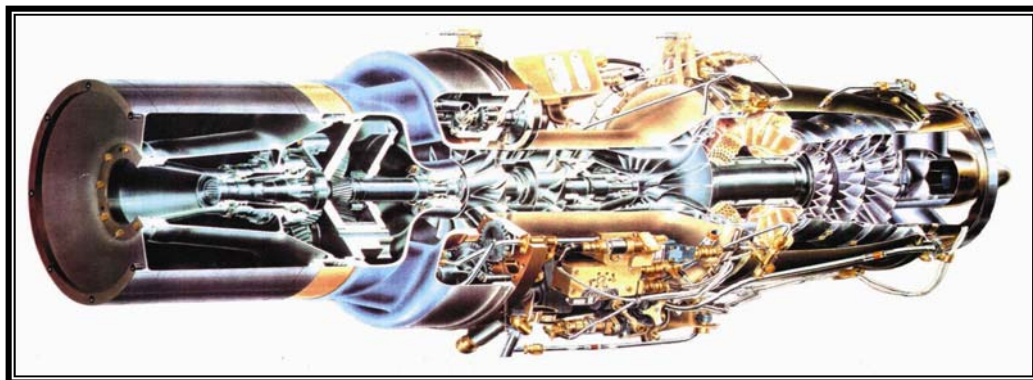
U prosjeku trajanje izvođenja programa po avionu bilo je 117 kalendarskih dana. Na radove VZ "Moma Stanojlović" utrošeno je 418 NČ po avionu.

Do sada na ovaj način obezbijeđen je nalet od 83 časova po avionu.

Sa ekonomskog aspekta gledano program je isplativ, jer se za 5017 NČ (što je duplo manje od NČ potrebnih za jedan ubrzan remont) dobilo 28 godina vremenskog resursa ili 3,5 VRR

ovog tipa aviona i 2800 časovnog resursa ako se uzme da je 100 sati po avionu prosječan godišnji nalet.

Najveće poteškoće pri izvođenju programa su bile obezbjeđenje r/d- komponenti sa spiska djelova koji se povremeno zamjenjuju i gumenih crevovoda. Posebno je izražen problem sa gumenim crevovodima gdje imamo slučajeve da su na istom avionu ugrađena crijeva različitih godina proizvodnje. Mi do sada nijesmo imali nijedan slučaj da je došlo do pucanja crijeva i ugrožavanja bezbjednosti letenja. Praktično vizuelno gledajući mi mijenjamo "nova" crijeva. Bili smo u prilici da smo rešenjem VCG i crijevima produžavali vijek upotrebe i da nijedno nije otkazalo u toku produžetka iako su bila stara i preko 10 godina.



*Slika 2. Djelimični presjek GTM ASTAZOU IIIB/XIVM*

Shodno tome smatramo da je propisani vijek upotrebe gumenih crijeva od 36 kvartala ili 9 godina (koji je određen po standardu SNO) više ekonomska kategorija nego tehnička, te treba razmotriti mogućnost zamjene gumenih crevovoda prema stanju pod uslovom da nijesu starija od 12 godina. Ovo bi značajno ubrzalo radove na trećem produženju i uštedjelo velika novčana sredstva.

Ukupno gledajući dosadašnja praksa i iskustva su pokazala da se avionu G-4 osnovni vremenski rok rada može produžiti na 12 godina, uz uslov da se poštuju VTUP-om propisani rokovi rada komponentama kiseoničke sisteme i opremi za spašavanje pilota. Dokazano je praksom da za hidro komponente (tu mislim i na HSP), gorivne komponente kao i za gumene crevovode nije potrebno ograničavati VRR odnosno VVU ispod 12 godina.

Dosadašnje iskustvo sa svim avionima G-4 pokazalo je da mi nijesmo imali većih problema sa pouzdanošću hidro i gorivnih komponenti niti sa gumenim crevovodima i da zbog ovih komponenti nijesmo imali ugrožavanja bezbjednosti letenja. Takođe kroz izvršena treća produženja steklo se iskustvo da ni na vitalnim elementima strukture nije bilo većih zahvata radi njihove opravke. Ako sve ovo uzmemo u obzir može se predložiti da osnovni rok rada avionu i svim njegovim uređajima i opremi izuzimajući kiseoničku opremu i opremu za spašavanje bude 12 godina.

Na avionima G-4 najveće poteškoće stvara:

- Problem curenja goriva na spoju krilo-trup koji se zna ponavljati uzastopno više puta u toku jedne godine na jednom avionu. Radovi za otklanjanje curenja su dugotrajni i nikada nijesu ispod 200 NČ, a ako su uslovi za sušenje hermetika otežani onda avion bude van upotrebe i više mjeseci.
- Zamjena gumenih crevovoda, hidro i gorivnih komponenti samo zbog vremenskih rokova. U 90 % slučajeva oni se mijenjaju iako su funkcionalno ispravni. Sve bi to

bilo lako da ih u skladištu imamo na stanju i u rokovima. Upravo je ovo osnovni razlog «bez razloga» dugih zadržavanja aviona na povremenim pregledima.

Ovim još jednom potkrijepljujemo činjenicu koju navodimo za avione G-4 da i ovim komponentama aviona treba produžiti rok rada odnosno vijek upotrebe na 12 godina i uskladiti ga sa rokom rada aviona.

Možemo zaključiti:

- Program u potpunosti opravdava svoj cilj
- Ovim programom avionima tipa G-4 obezbijuje se rok rada sve do isteka vijeka upotrebe.
- Uz odgovarajuća finansijska sredstva svake godine program se može primijeniti na više aviona
- Program uz adekvatan razvoj tehničke dijagnostike predstavlja dobru osnovu za razvoj "Održavanja aviona tipa G-4 prema stanju"

#### **4. ZAKLJUČAK**

Iskustvo je pokazalo da se avioni mogu koristiti iznad prvobitno propisanog roka rada/vijeka upotrebe samo ako se prvobitno propisani rok rada ili vijek upotrebe može dovoljno dobro opisati, a uslovi korišćenja i nastala oštećenja dovoljno često kontrolisati tokom produženog perioda upotrebe. Kroz postupke produženja roka rada i vijeka upotrebe borbenih aviona smanjena je njihova cijena operativne upotrebe bez umanjena borbene gotovosti i bezbjednosti letenja.

Koncept održavanja aviona i helikoptera "po stanju" je dominantan u civilnim avio-kompanijama razvijenih zemalja. Sve više je prisutan i u vojnim vazduhoplovstvima razvijenih zemalja. Kod nas su učinjeni početni koraci u tom pravcu.

U slučaju nabavke savremenih aviona i helikoptera bili bi suočeni sa konceptom održavanja po stanju i taj trenutak bi trebalo spremno dočekati.

Obučeni kadar, savremena dijagnostička oprema i veća količina podataka o tekućem održavanju i opterećenjima svakako bi bili od koristi i za podizanje kvaliteta održavanja postojećih aviona i helikoptera.

#### **5. LITERATURA**

- [1] Bulatović Miodrag, Održavanje i efektivnost tehničkih sistema, Monografija, Mašinski fakultet, Podgorica, 2008
- [2] Karadžić Radoje, Istraživanja povišenja efektivnosti helikoptera primjenom održavanja po stanju, magistarski rad, Podgorica, 2009
- [3] Siladić Mate, Life Management of Aircraft and Engines, Beograd, 2007

