

KONCEPT MENADŽMENTA STANJA SAVREMENIH VAZDUHOPLOVNIH MOTORA VISOKIH PERFORMANSI

MANAGEMENT CONCEPT FOR HEALTH AND USING MODERN HIGH PERFORMANCE AIRCRAFT ENGINES

Prof.dr Dragoljub Vujić, dipl.inž.

Vojnotehnički institut, 11132 Beograd, Ratka Resanovića 1



REZIME

Izložen je koncept upravljanja stanjem vazduhoplovnih motora baziran na novim senzorima i novim tehnologijama. Koncept integriše napredne dijagnostičke algoritme i algoritme za procenu budućeg stanja. Reč je o visoko sofisticiranim sistemima zasnovanim na savremenim računarskim i informacionim tehnologijama. Kako se radi o sistemima čije se performanse još uvek proveravaju u stvarnim uslovima leta, nagovešteni su samo neki najvažniji pravci istraživanja u oblasti upravljanja, kao i u oblasti dijagnostičkih i prognostičkih tehnologija.

Cljučne reči: Vazduhoplovni motori, monitoring sistemi, menadžment stanja, dijagnostika, prognostika, integrisano upravljanje

ABSTRACT

This paper deals with management concept for health and using aircraft engines based on new sensors and new technologies. The concept provides integration of advanced diagnostic algorithms and prognostics for health and using engine in the future. This concept contains high sophisticated systems based on modern computer and information technologies. The performance of these systems is still conducted in flight conditions. In this paper, some of the most important research directions in engine control, diagnostic and prognostic technology, have noted.

Key words: Aircraft engines, monitoring systems, health management, diagnostics, prognostics, integrated control

1. UVOD

Na pragu novog milenijuma prestižne svetske kompanije u oblasti vazduhoplovstva i svemirskih istraživanja rade na projektu tzv. inteligentnih motora visokih performansi [1], [2]. Takve motore karakterisaće rad sa dopustivim oštećenjima, praćenje veka u realnom vremenu, proaktivni menadžment stanja, itd. Pored zahteva po pitanju povećanja odnosa potiska i mase, traži se značajno smanjenje troškova razvoja, proizvodnje i održavanja motora [2]. Imajući to u vidu, jasno je da tradicionalne tehnike monitoringa, koje su doživele punu afirmaciju tokom proteklih dvadesetak godina uspešne primene, neće moći u potpunosti da ispune svoju funkciju koja se od njih zahteva. Zbog toga se uveliko radi na razvoju novih fleksibilnih tehnologija upravljanja stanjem, koje će, kroz integrisane dijagnostičke i prognostičke sisteme na zemlji i letu, omogućiti što duži rad motora uz minimalne troškove.

U smanjenju ukupnih troškova vazduhoplovnih motora značajnu ulogu imaju pouzdane dijagnostičke metode za određivanje performansi motora.

Za uspešnu dijagnostiku zahteva se sposobnost da se u pravom trenutku otkriju i izoluju systemske greške motora. U cilju rešavanja ovih problema industrija vazduhoplovnih motora počela je da se fokusira na razvoj inteligentnih monitoring sistema za praćenje stanja. U ovom kontekstu, inteligencija znači sposobnost da se detektuju i izoluju otkazi (dijagnostika), kao i sposobnost da se odredi trenutak kada treba da se vrši održavanje (prognostika). U našoj domaćoj literaturi pojam prognostika se retko koristi. Umesto njega prisutan je pojam predviđanja odnosno anticipacije stanja.

U ovom radu, pored kraćeg pregleda primene monitoring sistema, izložen je koncept savremenog menadžmenta stanja, baziran na novim senzorima i novim tehnologijama.

2. OSNOVNE KARAKTERISTIKE PRIMENE MONITORING SISTEMA

Primena monitoring sistema za određivanje stanja vazduhoplova započela je pre nešto više od dve decenije, prvo na helikopterima, a kasnije i na

vojnim avionima [3], [4], [5]. Razlog za njihovo uvođenje bio je zahtev da se poveća bezbednost i sigurnost leta. Kod helikoptera je vršen monitoring stanja motora, transmisije i sistema rotora. U određivanju stanja posebno je bila efikasna primena monitoringa vibracija. Monitoring sistemi, pre svega oni na helikopterima, bili su od velike koristi za održavanje. U Velikoj Britaniji, na primer, podaci prikupljeni pomoću monitoring sistema tokom helikopterskih operacija u oblasti Severnog mora, iskorišćeni su za preduzimanje značajnih akcija održavanja. Monitoring sistemi su uspešno detektovali oko 70% grešaka na motoru. Izvršena klasifikacija otkaza je pokazala da od 6 potencijalnih kritičnih otkaza, 1 ili 2, bi sa velikom verovatnoćom doveli do udesa, da nisu bili detektovani na vreme. U posebnom izveštaju je konstatovano da su monitoring sistemi prve generacije, korišćeni za monitoring vibracija, demonstrirali sposobnost identifikacije potencijalno opasnih ili katastrofalnih oblika otkaza.

Monitoring sistemi vazduhoplovnih motora postali su svojevrsan standard koji se stalno nadograđuje, uporedo sa napredovanjem tehnologije izrade motora, razvojem informacionih i računarskih tehnologija. Najčešće se vrši monitoring temperature (ulaznog vazduha, kompresora, turbine, izduvnih gasova), pritiska (ulaznog, sabijanja kompresora, ulja za podmazivanje, odušnog vazduha), parametara uljnog sistema (količine ulja, potrošnje, kontaminacije), vibracija (rotora, vratila, reduktora, ležajeva, transmisije i pomoćnih uređaja), parametara upotrebnoeg veka (časova rada, broja startovanja, zamora, naprežanja, prskotina), dodatnih parametara (brojeva obrtaja, protoka goriva, položaja ručice gasa, pozicije mlaznika), itd. Kod komercijalnih vazduhoplova, glavni parametri koji se nadgledaju su: pritisak sabijanja, protok goriva, broj obrtaja, temperatura izduvnih gasova, položaj ručice gasa, amplituda vibracija i potrošnja ulja.

Između vazduhoplovnih motora komercijalnih aviona i motora vojnih, posebno, borbenih aviona, postoje bitne razlike. Motori na komercijalnim avionima su izloženi niskom stepenu opterećenja. U civilnom putničkom ili teretnom saobraćaju uobičajen je petominutni rad na maksimalnom broju obrtaja prilikom poletanja, zatim na redukovanom broju pri penjanju i konačno, na nižem broju obrtaja pri krstarenju tokom leta, koji može trajati 12 ili više časova.

Motori na vojnim avionima rade na režimima koji su mnogo bliži maksimalnim i sa naglim promenama režima tokom leta. U pogledu njihovog korišćenja, izraženog brojem časova leta, ono je manje, i to više puta, od motora na civilnim avionima, koje može biti i preko 5.000 časova godišnje.

Prema podacima još od pre desetak godina, svetski prosek je između 2.700 i 3.500 časova.

Zbog toga su i zahtevi po pitanju monitoringa pojedinih parametara tokom leta različiti. Kod motora vojnih aviona prikupljaju se različiti podaci sa visokom učestanošću i u širokom spektru, u toku celog, relativno kratkog leta, a kod motora komercijalnih aviona vrši se kratkotrajno beleženje pojedinih parametara u određenom režimu, u toku dugog leta. Prikupljanje podataka je potpuno automatski, preko sistema senzora i omogućuje zaposlenima u održavanju da svakodnevno imaju uvid u stanje motora i da na osnovu toga donesu odluku za promptnu akciju, ako je potrebna, odmah nakon sletanja aviona, odnosno pre sledećeg leta.

3. SAVREMENI MENADŽMENT STANJA MOTORA

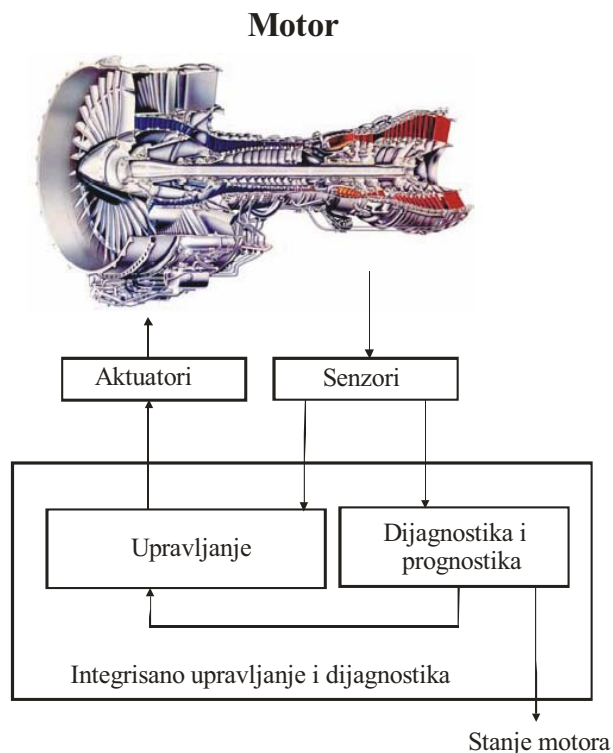
Kao što je rečeno u uvodu, vodeće svetske kompanije u oblasti vazduhoplovstva i svemirskih istraživanja u okviru projekta inteligentnih motora, posebnu pažnju posvećuju smanjenju troškova. Tako na primer, u periodu od 2002. do 2017.god., koji još uvek traje, troškove razvoja treba smanjiti za 65%, proizvodnje za 60% i održavanja za 70%. Istovremeno, srednje vreme između neplaniranih zamena treba povećati za 75%.

Glavni cilj tradicionalnog monitoringa stanja je bio da se na bazi detektovanih simptoma identifikuju greške i preduzmu korektivne akcije. Međutim, sa napredovanjem računarskih i informacionih tehnologija, postavljeni su novi zahtevi u pogledu razvoja naprednijih dijagnostičkih algoritama i algoritama za prognozu budućeg stanja. Početkom ovog veka sve više se govori o menadžmentu stanja koji ima znatno šire značenje od onog vezanog za monitoring stanja i podrazumeva mogućnost upravljanja stanjem. Cilj menadžmenta stanja je da se na bazi kombinovanih informacija o stanju, obezbedi dijagnostika i antipacija budućeg stanja.

Savremeni menadžment stanja zahteva primenu više različitih komplementarnih tehnika monitoringa, koje su u stanju da detektuju razne vrste oštećenja. Pošto ne postoji ni jedna pojedinačna tehnika koja bi mogla da detektuje sve vrste oštećenja, predloženo je da se u jedan sistem implementira više funkcija monitoringa stanja. Drugim rečima, potrebno je obezbediti integraciju izlaza iz različitih tehnika monitoringa i procenu opšteg stanja motora.

Na sl.1 prikazana je blok šema za upravljanje stanjem motora. U konkretnom slučaju radi se o motoru Pratt&Whitney F117, koji je korišćen za verifikaciju više savremenih tehnologija u letnim ispitivanjima na avionu C-17 T-1. Kao što se vidi informacije sa senzora koriste se za sistem uprav-

ljanja, koje putem aktuatora obezbeđuje rad u okviru zahtevane anvelope upotrebe motora, kao i za dijagnostiku i prognostiku motora.



SI.1. Blok šema upravljanja stanjem vazduhoplovnog motora

3.1 Novi senzori

Savremeni menadžment stanja zahteva i nove senzore. U novije vreme razvijeni su senzori koji su u stanju da mere do tada nemerljive parametre, kritične za procenu opšteg stanja propulzivnog sistema:

- Elekrostatički senzori za monitoring čestica

Senzori za monitoring i određivanje količine čestica u struji gasa na ulazu i izlazu motora su neophodni za procenu stanja strujnih komponenata motora. Kada su postavljeni na ulazu motora ovi senzori detektuju ulazak stranog tela ili čestica. Kada su postavljeni blizu izlaza motora detektuju čestice nastale habanjem lopatica turbine, abrazivnim trošenjem obloga, zaptivki, promene u sagorevanju pomoću nastalih produkata, itd.

- Senzori za analizu napona

Senzori mere ultrazvučne vibracije stvorene energijom udara ili usled trenja. Postavljaju se spolja tako da se obezbedi mehaničko prenošenje zvuka sa komponente koja se nadgleda. Ovi senzori detektuju početne uslove otkaza u mehaničkim komponentama motora.

- Senzori za monitoring stanja ulja

Senzori mere parametre stanja ulja, kao i stanje uljnog sistema. U okviru uljnog sistema, tzv. vruća mesta, mogu da zapale ili sprže ulje i time promene svojstva ulja. Rano otkrivanje takvih uslova da je snabdevanje uljem ležaja motora onemogućeno, može da spreči katastrofalni otkaz motora. Senzori su linijski, projektovani da nadgledaju koksovanje maziva u radnim uslovima.

- Senzor za monitoring čestica ulja

Senzori nadgledaju prisutnost čestica u sistemu za podmazivanje, generisane otkazima kritičnih komponenata koje se podmazuju. Senzori mogu da odrede veličinu čestica, broj čestica, i mogu da razlikuju feromagnetne i neferomagnetne čestice. Dragoceni su za ranu detekciju početnih uslova grešaka kao što su, na primer, ljuštenja ležaja, itd.

- Senzori dinamičkog pritiska

Visoko temperaturni senzori i senzori visokog pritiska se koriste za aktivno upravljanje sagorevanjem, aktivno upravljanje kompresorom, detekciju zvuka u gorioniku, upravljanje stanjem propulzije, itd. Savremena tehnologija senzora dinamičkog pritiska je ograničena na početne primene, na temperaturama do 230°C. U fazi razvoja je senzor za ambijentalnu temperaturu do 760°C koji će imati vek od 2.000 časova i mogućnost primene u frekventnom spektru do 10.000 Hz.

Kada se govori o senzorima treba reći da kod gasoturbinskih motora postoje sekcije u kojima konvencionalna tehnika očitavanja, zbog oštrih temperaturnih ambijentalnih uslova, ne može da se primeni. Značajan progres je napravljen u tehnologiji silicijum karbida (SiC) koji omogućava primenu senzora u znatno višim temperaturama okoline. Reč je o senzorima pritiska, ubrzanja, protoka i temperature. Takođe, vidan napredak je postignut u razvoju organskog jedinjenja *ester* i hibridnog keramičkog ležaja. Organsko jedinjenje *ester*, formirano reakcijom kiseline i alkohola, predstavlja novo ulje motora i ima znatno bolja termička i tribološka svojstva i veću otpornost na koksovanje. Hibridni keramički ležaj ima keramičke kotrljajne elemente i metalnu košuljicu. Upotreba ležaja u vojnim sistemima će znatno povećati zahtevane ekstremne performanse. Povećane sposobnosti ovog tipa ležaja mogla bi takođe da obezbedi pouzdanost i poboljšanja performansi komercijalnih sistema.

3.2 Dijagnostika i prognostika

Dijagnostika i prognostika su algoritmi koji čine menadžment sistem. Dijagnostika je procena stvar-

nog stanja, i detekcija i izolacija svih grešaka sistema. Prognostika određuje preostali vek komponente na bazi utrošenog, projektovanog veka, i istorije rada sistema. Zajedno, pouzdana dijagnostika i prognostika omogućuju optimalno vremensko planiranje održavanja motora (povećavaju raspoloživost aviona, smanjuju vreme održavanja i nepotrebne akcije održavanja). Dijagnostički podsistemi, na primer, vrše analizu strujanja, dijagnostiku vibracija i dijagnostiku sistema za podmazivanje. Prognostički podsistemi prate trend komponenata efektivnim brojanjem ciklusa kod nadgledanog veka upotrebe, određuju preostalu mogućnosti korišćenja motora. Nove informacije sa naprednijih senzora, napredniji algoritmi i tehnike obrade signala, obezbeđuju dodatne dijagnostičke i prognostičke mogućnosti. Neke osnovne dijagnostičke i prognostičke tehnologije su:

- Monitoring stanja.

Monitoring stanja predstavlja obiman dijagnostički alat koji se koristi za prikupljanje podatke o vibracijama i česticama u ulju, kao i podataka o stanju kritičnih mehaničkih komponenata motora.

- Fuzija podataka/informacija

Fuzija podataka/informacija predstavlja integraciju podataka iz više izvora sa ciljem da se dobije što kvalitetnija dijagnostička informacija, da se poveća dijagnostička pouzdanost i smanji broj dijagnostičkih lažnih alarma.

- Daljinski server dijagnostike

Predstavlja alat koji se koristi za automatizovanu dijagnostiku u arhitekturi menadžmenta stanja.

- Poboľšan samopodešavajući model u realnom vremenu.

Model motora samopodešavajući u letu koji obezbeđuje kontinualni monitoring performansi motora tokom njegovog veka upotrebe, može takođe da se koristi za dijagnostiku grešaka motora u realnom vremenu, kao i za potrebe upravljanja. U cilju poboljšanja dijagnostike i prognostike motora formiran je hibridni model poznat kao eSTORM (Enhanced Self-Tuning On-board Real-time Model), koji objedinjuje fizički i empirijski model motora.

- Probabilistički modeli za procenu veka

Pouzdana modeli upotrebnoć veka komponenata motora, koji procenjuju utrošeni vek na bazi istorije rada, omogućavaju da se sa vremenskog održavanja pređe na održavanje prema stanju. Ovi modeli su u fazi razvoja za odabrane komponente motora i obezbediće probabilističku procenu veka koji uzima

u obzir prisutne neizvesnosti sistema, kao što su svojstva materijala i neizvesnost merenja.

- Indikacija grešaka propulzije

Savezna uprava avijacije SAD i Boing vrše istraživanje indikacije propulzije na novim kabinskim pokazivačima. Cilj je da se razviju poboljšani kabinski pokazivači koji će povećati sposobnost posade da prepozna i dijagnosticira greške propulzivnog sistema. Demonstracija karakteristika ovog novog koncepta je posebno značajna za avion sa više motora.

- Detekcija prskotina diska

Prskotine na disku rotora dovode do neuravnoteženosti koja je proporcionalna kvadratu ugaone brzine rotora. Neuravnoteženost indukuje vibracije na osnovu kojih se, korišćenjem on-line monitoring sistema, detektuju prskotine diska.

3.3 Upravljanje

Upravljanje motora je odgovorno za održavanje sigurnosti, pouzdanosti i efikasnog rada motora unutar njegove radne anvelope. Na motorima novije generacije primenjeno je digitalno upravljanje, poznato kao FADEC (Full-Authority Digital Engine Controller). Ulazni parametri sistema upravljanja potiču od senzora, kao što su senzori temperature, pritiska, i brzine rotora. Pomoću upravljanja generišu se komande aktuatora: za protok goriva, položaj odušnog ventila, i promenljivu poziciju lopatica. Upravljačka logika je robusno projektovana da održi performanse motora (paljenje goriva, potisak) i da održi odgovarajuće rezerve (temperatura, brzina, itd.). Sadašnji istraživački naponi su usmereni na povećanje upravljačke logike motora i na ugradnju aktivnog upravljanja komponenata motora. Teži se upravljanju sa produženim vekom i aktivnom upravljanju zazorom:

- Upravljanje produženim vekom

Efektivni vek komponenata motora, uz održavanje zahtevanih performansi, može se povećati odgovarajućom upravljačkom logikom. Tako na primer, primenom "pametne" logike ubrzanja motora mogu se minimizirati termička opterećenja za vreme prelaznih režima.

- Aktivno upravljanje zazorom

Zazori vrha lopatica i kućišta turbine, usled trenja i erozije, se povećaju tokom vremenskog veka upotrebe motora. Aktivnim upravljanjem zazora teži se

da ostvari prelazni režim i ravnomerni zazor turbine za vreme rada motora. Teži se da se razvije sistem upravljanja koji koristi direktno senzor povratne sprege i pametna struktura da se obezbedi brz odgovor upravljanja zazorom na celokupnoj radnoj anvelopi motora. Ovo će dovesti do povećanja veka motora usled smanjenog trenja i niže temperature izduvnih gasova, kao i do povećanja efikasnosti turbine. Ova tehnologija zahteva redizajniranje kućišta turbine, senzore zazora, i softver za aktivno upravljanje zazorom.

3.4 Integrisano upravljanje i menadžment stanja

Najnovija istraživanja se vrše u pravcu povećanja sofisticiranosti upravljanja motorom i menadžmenta stanja, odnosno u pravcu integracije ove dve oblasti. Motori koji mogu automatski u realnom vremenu da dijagnosticiraju greške i da raspolažu stvarnim informacijama o stanju, povećaću ukupne performanse, pouzdanost, sigurnost i raspoloživost. Ovi sofisticirani sistemi su primenjeni na ograničenom broju današnjih motora. Senzor za detekciju i izolaciju grešaka se aktivno koristi u okviru kontrolera za automatsko prepoznavanje i diskvalifikaciju bilo kog senzora sa greškom i uključivanje redundantnog rezervnog senzora. Zahvaljujući povećanim sposobnostima procesiranja današnjih mikroročunara, sprovode se istraživanja u oblasti upravljanja i dijagnostike. Modeli motora u letu u realnom vremenu, ugrađuju se u upravljačku logiku motora. Algoritam za estimaciju parametra u realnom vremenu, podešava model da proceni nominalne performanse komponente motora, odstupanje senzora, ili odstupanje aktuatora. Na ovaj način vrši se kontinualno praćenje stanja motora u realnom vremenu, sintetizovanje vrednosti senzora i procenjivanje nemerljivih parametara motora, kao što su potisak i rezerve stabilnosti komponenata. Navode se neka najinteresantnija istraživanja u oblasti upravljanja:

- Adaptivno upravljanje za optimizaciju performansi

Konvencionalna logika upravljanja motora je robusno projektovana i uzima u obzir odstupanja u proizvodnji. Ova robusnost utiče na performanse sistema. Zbog toga se vrše istraživanja tehnika adaptivnog upravljanja, zasnovane na modelu za optimizaciju performansi motora u prisustvu odstupanja u proizvodnji i degradacije motora. Sa promenom motora upravljanje treba da prihvati

proces optimizacije performansi paljenja goriva, potiska i/ili vek komponenata.

- Upravljanje sa dopustivom greškom.

Kao dodatak optimizaciji performansi motora razvijaju se tehnike koje mogu da na bazi modela obezbede sintetizovane procene parametara u slučaju greške senzora/aktuatora. Na taj način, primenom odgovarajućeg upravljanja mogu se umanjiti efekti grešaka senzora/aktuatora.

- Tehnologija sistema autonomne propulzije

U cilju smanjenja ili eliminacije ljudskog faktora u upravljanju i radu propulzivnog sistema aviona razvija se tehnologija koja uključuje samodijagnostički adaptivni sistem upravljanja motora. Ovaj sistem: 1) vrši autonomni monitoring propulzije, dijagnosticiranje i funkciju adaptacije 2) kombinuje informacije iz više različitih izvora korišćenjem savremene tehnologije fuzije podataka i 3) komunicira sa sistemom za upravljanje aviona i kontrolom leta u cilju optimizacije ukupnih performansi sistema. Ova tehnologija podržava rad aviona bez pilota i povećava sigurnost aviona sa pilotom, usled smanjenja radnog opterećenja pilota. Potrebno je postići odgovarajuću komunikaciju između upravljanja motora, upravljanja leta aviona, i autonomne logike upravljanja propulzijom da bi se obezbedio siguran rad.

- Upravljanje propulzijom u cilju integracije sa inteligentnim upravljanjem leta

NASA vrši istraživanje u oblasti inteligentnog upravljanja letom koje će imati sposobnost automatskog prilagođavanja i rekonfigurisanja odgovora upravljanja u slučaju oštećenja ili promena na avionu.

4. ZAKLJUČAK

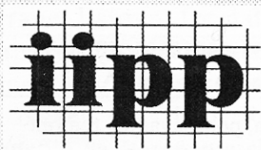
Razvoj nove generacije vazduhoplovnih motora visokih performansi, zahteva nove dijagnostičke alate i nove algoritme za anticipaciju budućeg stanja motora. Predloženo je da tradicionalne tehnike monitoringa, korišćene poslednjih dvadesetak i više godina na vojnim i komercijalnim vazduhoplovima, evoluiraju u novu generaciju sistema za upravljanje stanjem. To su menadžment sistemi, koji integrišu dijagnostičke algoritme i algoritme za anticipaciju budućeg stanja. Nove fleksibilne tehnologije upravljanja vekom u realnom vremenu znatno će redukovati troškove održavanja motora, povećati sigurnost i bezbednost leta.

LITERATURA

- [1] **Garg, S.**, Controls and Health Management Technologies for Intelligent Aerospace Propulsion Systems, Glenn Research Center, Cleveland, Ohio, NASA/ TM-2004- 212915, AIAA-2004-0949, February 2004.
- [2] **Gastineau.D. Z.**, Propulsion Technology Planning for Engine Health Management, Controls and Engine Health Management Turbine Engine Division, Propulsion Directorate, Air Force Research Laboratory, 2002.
- [3] **Vujić D.**, Diagnostic systems in aircraft engines maintenance, *Scientific Technical Review*, Vol.LV.No.1, 2005.
- [4] **Vujić D.**, Aviation engine health conditions on the oil debris monitoring, V Međunarodna naučna konferencija TESKA MAŠINOGRADNJA 2005, Mašinski fakultet, Kraljevo, 28.jun-03.jul 2005.
- [5] **Vujić D.**, Nova tehnologija održavanja vazduhoplovnih motora, OTEH 2005 – Odborbene tehnologije u funkciji mira – 1.naučni skup, Vojna akademija, Beograd, 06.-07. decembar 2005.
- [6] **Larder B., Azzam H., Trammel C., Vossler G.**, Smith Industries HUMS: Changing the M from Monitoring to Management1, Smiths Industries Aerospace, Data Management Systems, 3290 Patterson Avenue S.E., Grand Rapids, MI 49512-1991 USA
- [7] **Vujić D.**, Nova generacija sistema za upravljanje stanjem vazduhoplovnih motora, *Tehnička dijagnostika*, br.1, 2006.
- [8] **Tumer Y. I., Bajwa A.**, A survey of aircraft engine health monitoring systems, NASA Ames Research Center, Moffett Field, California, 94035, AIAA-99-2528, 1999.
- [9] **Hall R. S., Conquest J. T.**, The total data integrity Initiative (TDI²) - structural health monitoring, the next generation!!, USAF ASIP Conference, 1999.
- [10] **Giurgiutiu V., Grant L., Grabill P., Wroblewski D.**, Helicopter health monitoring and failure prevention through vibration management enhancement program, 54th Meeting of the Society for Machinery Failure Prevention Technology, Virginia Beach, VA, May 1-4, 2000.

Institut za istraživanja i projektovanja u privredi

okuplja eksperte iz raznih oblasti, koji u proseku imaju preko 15 godina iskustva u pružanju naprednih konsultantskih usluga tehničke prirode i primeni inženjerskih znanja na razvoju i osvajanju proizvoda i tehnologija. Široka kompetencija, bogato iskustvo i saradnja sa preko 30 vodećih kompanija u zemlji i inostranstvu, kvalifikuju nas kao pouzdane partnere u sledećim oblastima inženjeringa:



Projektovanje informacionih sistema
Implementacija standarda serije ISO 9000
Projektovanje i izrada baza podataka i softvera
CAD/CAM/CAE projektovanje (CATIA, AutoCAD)
Projektovanje sistema odravanja

Imperativ permanentnog obrazovanja i obuke je da se podigne opšti nivo funkcionalnih znanja i sposobnosti poslovanja pojedinaca i preduzeća, opredelila je Institut da u delokrug svog rada uključi :

Izdavaštvo, Obuka kroz seminare, Organizacija i tehnička podrška naučno-stručnim skupovima

www.iipp.co.yu