

UNAPREĐENJE SISTEMA OBRAZOVANJA STUDENATA VAZDUHOPLOVSTVA VOJNE AKADEMIJE PRIMENOM AVIONA LABORATORIJE

Slobodan N. Stupar, Aleksandar M. Simonović,
Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet,
Katedra za vazduhoplovstvo, Beograd,
Zoran Lj. Filipović, Institut Goša, Beograd,
Miroslav M. Jovanović, Vojska Srbije,
Tehnički Opitni Centar, Beograd

DOI: 10.5937/vojtehg61-1345

OBLAST: mašinstvo, vazduhoplovstvo
VRSTA ČLANKA: stručni članak, projekat

Sažetak:

U radu je opisan predlog unapređenja procesa obrazovanja studenata Vojne akademije za podršku procesa održavanja vazduhoplova Vojske Srbije zasnovan na uvođenju predmeta Ispitivanje vazduhoplova u letu. Pri tome je posebno naglašen značaj formiranja avionske laboratorije sa osnovnim karakteristikama ispitno-merne opreme koju je neophodno integrisati na avionu u cilju realizacije praktičnog dela ispitivanja vazduhoplova u letu. Formiranjem aviona laboratorije stvorio bi se veoma jak didaktički alat, koji bi omogućio optimalnu sintezu teorije i prakse. Ovakav koncept unapređenja edukativnog procesa bi u znatnoj meri uticao i na formiranje svesti o neophodnosti zajedničkog rada i objedinjavanja svih istraživačkih kapaciteta naučno-istraživačkih institucija u Ministarstvu Odbrane Republike Srbije.

Ključne reči: avion laboratorija, obrazovanje, merna oprema, ispitivanja u letu.

Uvod

Savremene visoko školske institucije, širom sveta, unapređuju nastavni proces i razvoj naučnoistraživačkog kadra provodeći primenjena istraživanja na konkretnim sistemima (Sadraey, et al 2009), (Andrzej, 2010, pp. 320–330). Poslednjih 15 godina razvojem brojnih softverskih alata i poboljšanjem hardvera stvorene su značajne mogućnosti za proveru teoretskih saznanja obradom merenja prikupljenih na realnim mehaničkim sistemima.

U razvijenim zemljama uočeno je smanjenje interesovanja za studije u oblasti tehničkih nauka usled čega se pojavljuju problemi u svetlu potreba za kontinuiranim obezbeđenjem stručnog kadra neophodnog za podršku tehničko-tehnološkog razvoja društva.

U cilju osavremenjavanja nastavnog procesa kao i prevazilaženja mogućeg zaostajanja u pogledu obezbeđenja adekvatnog kadra za potrebe održavanja vazduhoplova Vojske Srbije u radu se predlaže uvođenje predmeta Ispitivanje vazduhoplova u letu. Upotrebom aviona laboratorija stvorili bi se uslovi za uključenje studenata u primenjena istraživanja kroz proces letnih ispitivanja vazduhoplova. Ovakav tip edukacije bi omogućio sledeće prednosti:

- Podizanje kvaliteta nastavnog procesa na nivo obrazovanja sličnih svetskih univerziteta.
- Uključenje studenta u primenjena istraživanja koja imaju multidisciplinarni karakter.
- Usko povezivanje više institucija kao što su Vojna akademija koja je nosilac teorijskog dela nastavnog procesa kao i Tehničkog Obitnog Centra u kome bi bila formirana avionska laboratorija uz pomoć koje bi se realizovao praktični deo edukativnog procesa.
- Razvijanje sposobnosti studenata da na osnovnim dužnostima u jedinici nakon završetka studija uoče, definišu i pokrenu postupak za unapređenje operativne sposobnosti sistema sa aspekta tehnoloških dostignuća.

Osnovni preduslov za unapređenje sistema obrazovanja studenata je formiranje aviona laboratorije, koji bi omogućio izvršenje letnih ispitivanja u cilju potpunog razumevanja osnovnih teoretskih principa performansi i stabilnosti i upravljivosti letelica. Avion laboratorija pored osnovne namene može se koristiti i za obuku pilota u sticanju zvanja opitnih pilota. Za razvoj ovakvog sistema obrazovanja svi učesnici projekta treba da izvrše procenu šta je realno izvršiti u vremenskom periodu koje im je na raspolaganju (1–2 semestra). Ispitivanja u letu bi trebala da predstavljaju poslednji korak u obrazovanju inženjera vazduhoplovstva kao i praktični deo kursa opitnih pilota.

U radu je predložen projekat formiranja aviona laboratorije u Tehničkom opitnom centru kao jakog didaktičkog alata za potrebe obrazovnog procesa studenata Vojne akademije koji se školuju za potrebe održavanja vazduhoplova.

Ispitivanja vazduhoplova u letu

Ispitivanja u letu je praktična grana aeronautičkog inženjerstva u kojoj se prikupljaju realni parametri leta vazduhoplova. Na bazi izmerenih relevantnih parametara u letu vrši se analiza i daje ocena o letnim performansama i komandnim karakteristikama sistema vazduhoplova sa posebnim osvrtom njihovog uticaja na bezbednost letenja.

Ispitivanje u letu ispunjavaju dva osnovna zahteva: prvi, pronalaznje i primena novih rešenja tokom dizajniranja sistema vazduhoplova, i drugi, verifikacija i dokumentovanje vazduhoplovnih operativnih sposobnosti za sertifikaciju po svetskim standardima, ili po zahtevima kupca. Faze ispitivanja u letu se mogu kreirati u zavisnosti od toga da li je sredstvo prototip (nov model) sa potpunim razvojnim i sertifikacionim procesom ili se vrši modifikacija određenog podsistema operativnog modela vazduhoplova. Iz navedenog razloga vreme trajanja ispitivanja u letu može varirati od par nedelja do više meseci, a u zavisnosti od složenosti projekta vreme trajanja može biti i par godina (Filipović, 2010, pp. 111–124).

Moderni vazduhoplovi se u cilju dostizanja maksimalnih performansi, stabilnosti i upravljivosti kao systemske operativnosti definišu kao kompleksni integrisani sistemi aerodinamičke strukture, pogona i avionske elektronske opreme. Rukovođenje programom ispitivanja u letu jednog modernog vazduhoplova zahteva specifična znanja koja su sinteza teorije i prakse i koja često nisu uključena u većini inženjerskih nastavnih programa u svetu.

Osnovna svrha savremenih ispitivanja vazduhoplova u letu je da se utvrdi da li vazduhoplov leti u definisanoj anvelopi leta kao i da li njegova posada može to bezbedno izvršiti. Ta ispitivanja omogućuju primenjena istraživanja iz oblasti aerodinamičkih, pogonskih i sistemskih elemenata vazduhoplova.

Ispitivanje u letu je kompleksan proces koji zahteva angažovanje više specijalnosti u oblasti vazduhoplovstva, i to: opritne pilote (flight test pilots), inženjere ispitivanja u letu po oblastima (flight test engineers), inženjere za izbor i integraciju ispitno-merne opreme (flight test instrumentation engineers) i veći broj tehničara za održavanje vazduhoplova i ispitno-merne opreme.

Proces ispitivanja vazduhoplova uključuje više faza: fazu planiranja, izvršenja ispitivanja i fazu izrade izveštaja koja je rezultat kompleksnog procesiranja izmerenih parametara tokom procesa ispitivanja. Navedene faze procesa ispitivanja su sukcesivne tj. potpuno izvršena predhodna faza uslovljava mogućnost početka sledeće faze ispitivanja.

Najvažniji dokument faze planiranja ispitivanja vazduhoplova (prototipa ili operativnog vazduhoplova na kome je izvršena neka modifikacija) je Program ispitivanja. Program ispitivanja sadrži osnovne principe i metode ispitivanja, neophodan broj mernih parametara, broj letova i ograničenja koja su potrebna za dobijanje upotrebljivih rezultata ispitivanja. Osnovna karakteristika samog procesa ispitivanja vazduhoplova na zemlji i u letu je objektivizacija velikog broja mernih parametara upotrebom savremenih mernih sistema.

Osnovnu konfiguraciju mernog sistema za ispitivanje vazduhoplova čine dva osnovna podsistema:

- Merni podsistem koji se integriše na samoj letelici (Airborne Data Collection System) a sastoji se određenog broja mernih pretvarača koji vrše konverziju neelektričnih veličina u proporcionalni električni signal, avionskog računara za digitalizovanje mernih signala i transmissionog de-

la putem kojeg se vrši transfer podataka do odgovarajuće prijemne stanice (Filipović, et al, 2003, pp. 578–584).

- Kompatibilna zemaljska telemetrijska stanica (Ground Telemetry Station) koja omogućuje prijem i praćenje mernih parametara u realnom vremenu ispitivanja kao i posle letne detaljne analize upotrebom posebnih softverskih paketa (Gredić, Filipović, 2005, pp. 23–35).

Upotrebom telemetrijskih akvizicionih sistema moguće je pratiti sam tok leta vazduhoplova u realnom vremenu monitorovanjem odabranog broja mernih parametara i u slučaju uočenih odstupanja od konkretnog zadatka ispitivanja uticati na opitnog pilota da ponovi određene faze leta. Na taj način se pored povećane bezbednosti leta skraćuje i vreme ispitivanja a samim tim se smanjuju troškovi ispitivanja (Filipović, 2010).

Posle realizacije kompletnog Programa ispitivanja vazduhoplova vrši se izrada Izveštaja o ispitivanju koji sadrži sve relevantne informacije o implementaciji određenih vazduhoplovnih standarda za konkretni tip vazduhoplova. Ispitivanje vazduhoplova u letu je skup i dugotrajan proces koji predstavlja poslednju fazu njegovog stvaranja i kao takav spada u posebnu oblast primenjenih istraživanja. Neophodnost ove faze razvoja vazduhoplova je diktirana tačno definisanim internacionalnim i nacionalnim vazduhoplovnim propisima od čije ispunjenosti zavisi i njegovo uvođenje u operativnu upotrebu. Tek nakon ispitivanja u letu koja nose i određeni bezbednosni rizik, utvrđuje se dali je vazduhoplov moguće koristiti za obavljanje svih misija za koje je namenjen i kao takav dobija plovdbenu dozvolu.

Tokom životnog veka vazduhoplov može biti modifikovan ili usavršavan što takođe zahteva verifikaciju tokom letnih ispitivanja. Stoga je veoma važno da se vazduhoplovno tehnički kadar za vreme svoje edukacije upozna osnovne principe i značaj ispitivanja kako prototipova tako i modifikovanih serijskih aviona. Ovaj tip edukacije je najcelishodnije izvršiti u toku osnovnih ili master studija smera tehničke službe u oblasti vazduhoplovstva. Ovakvu vrstu obrazovanja obavlja više univerziteta u svetu koji imaju smer vazduhoplovstva kao što su: Cranfield University, Politecnico di Milano, University of Florida, Daniel Webster College i dr. (www.cranfield.ac.uk, www.aero.polimi.it, www.dwc.edu). U zavisnosti od finansijskih mogućnosti samog univerziteta avioni laboratorije mogu biti različiti tipovi vazduhoplova i sa različitim nivoima opreme. One se u svetu mogu integrisati i u specijalizovanim institucijama koji se nazivaju Vazduhoplovni opitni centri (Flight Test Centre). Kod nas se ta vrsta delatnosti obavlja u Tehničkom opitnom Centru (TOC) Vojske Srbije koji kao Vojna naučna ustanova raspolaže sa potrebnim stručnim i laboratorijskim resursima za realizaciju eksperimentalnog dela obrazovnog procesa u oblasti mehanike leta (performanse vazduhoplova i stabilnost i upravljivost vazduhoplova). Uspostavljanjem ovakve saradnje između TOC-a i Vojne akademije doprinelo bi se i efikasnijoj upotrebi raspoloživih naučno-istraživačkih laboratorijskih kapaciteta u MO.

Na slici 1 prikazan je avion opšte namene Cessna 172 koji se koristi za edukaciju studenata Daniel Webster College u oblasti performansi i kvaliteta leta.

Na slici 2 prikazan je avion laboratorija tipa Jetstream 31 Cranfield Univerziteta koji se koristi za post-diplomsko usavršavanje studenata u oblasti aerodinamike i mehanike leta. Ovaj tip aviona laboratorije omogućava i školovanje studenata i u oblasti savremenih avionskih sistema (radara, navigacije, glass cockpit, itd.).



Slika 1 – Avion Cessna 172 Daniel Webster College
Figure 1 – Aircraft Cessna 172 of Daniel Webster College



Slika 2 – Avion laboratorija Jetstream 31 Cranfield Univerziteta
Figure 2 – Flying laboratory Jetstream 31, Cranfield University

Značaj ispitivanja vazduhoplova u letu za obrazovanje inženjera vazduhoplovstva

Oblast mehanike leta je uključena u nastavni program osnovnih studija studenata vazduhoplovstva. Ona pokriva teorijske osnovne performansi i stabilnosti i upravljivosti, bez praktičnog upoznavanja sa realnim ponašanjem vazduhoplova u toku izvršenja leta. Uvođenjem novog pred-

meta Ispitivanja vazduhoplova u letu u osnovni ili master program obrazovanja inženjera vazduhoplovstva obogatio bi se kvalitet njihovog obrazovanja. Za kompletiranje procesa edukacije neophodno je koristiti rezultate eksperimentalnih istraživanja dobijenih tokom letnih merenja relevantnih parametara na avionskim laboratorijama. Tokom ovog procesa studenti jedino mogu steći realan utisak o različitim uticajima vazduhoplovnih elemenata i komponenti kao što su zakrilca, krilca, krmila visine i pravca, sila na palici, pito-statičkog sistema i centra mase na preformanse konkretne letelice (Abbitt, et al, 1996, pp. 73–76).

Razlozi za upoznavanje studenata sa osnovnim principima ovakvih primenjenih istraživanja tokom letnih ispitivanja vazduhoplova su više-struki, i to:

- povezivanje osnovnih teorijskih i eksperimentalnih vazduhoplovnih znanja,
- upoznavanje sa složenom metodologijom ispitivanja vazduhoplova u letu (planiranje, izvršenje, obrada rezultata merenja i izrada izveštaja o ispitivanju), i
- sticanje znanja da nakon završetka studija u praksi, prepoznaju pojave na vazduhoplovu za koje je potrebno izvršiti dodatna ispitivanja u letu.

Neophodni resursi za unapređenje edukacije studenata tehničke službe smera vazduhoplovstva na Vojnoj akademiji

Ispitivanje vazduhoplova u letu zahteva specifične resurse koji su jedinstveni i vrlo mali broj univerzitetskih institucija može da ih poseduje. Potrebni resursi se mogu podeliti u tri grupe: adekvatno kvalifikovano osoblje, oprema (avioni i merna oprema) i neophodan softverski alat za izvršenje i analizu leta. Institucije koje bi bile uključene u proces edukacije studenata vazduhoplovstva su: Mašinski Fakultet Univerziteta u Beogradu, Vojna akademija Univerziteta odbrane i TOC Vojske Srbije.

Kvalifikovani stručni tim koji bi vodio edukaciju studenata za ispitivanje u letu mora da bude sastavljen od profesora Mašinskog Fakulteta Univerziteta u Beogradu, Vojne akademije kao i određenih test inženjera i pilota iz sastava TOC-a. Osnovna dužnost Akreditovanih predstavnika Univerziteta iz oblasti vazduhoplovstva (aerodinamika, mehanika leta, motorne grupe i sistemi letelica) je kreiranje Plana i programa praktične obuke ispitivanja u letu koji se sastoji iz više tematskih celina koje su u saglasnosti sa Planom teorijskog dela nastave. Plan i programa praktične obuke ispitivanja u letu bi bio realizovan u TOC-u implementacijom posebnih metoda ispitivanja i upotrebom odgovarajuće ispitno merne opreme. Navedeni plan diktiran je osnovnom funkcijom same letelice, a sadrži osnovne principe

test procedura, neophodan broj memnih parametara, broj test letova i ograničenja koja su neophodna za dobijanje upotrebljivih rezultata.

Tipovi aviona na kojima se mogu izvršiti ispitivanja su: avion tipa Lasta, kao reprezent klipne pogonske grupe i avion tipa Galeb G-4, kao reprezent turbo-mlazne pogonske grupe.

Avion Lasta je jednomotorni avion, tipa niskokrilac, sa dva sedišta u tandem konfiguraciji, sa maksimalnom poletnom masom od 1280 kg i razmahom krila od 9.7 m. Slika aviona Lasta dat je na slici 3. Avion je opremljen šestocilindričnim klipnom motorom tipa Lycoming AEIO-540-L1B5D maksimalne snage $P_{\max}=224$ kW (Gaćeša, 2009, pp. 142–143).



Slika 3 – Avion Lasta
Figure 3 –Swallow Aircraft

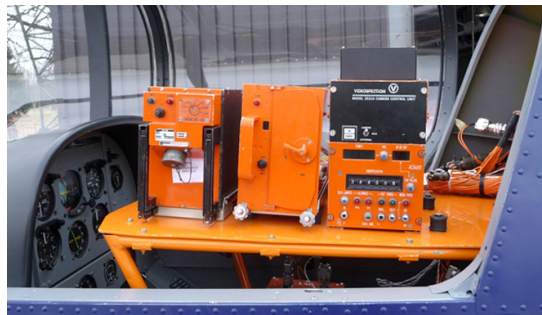
Avion Galeb G-4 je jednomotorni avion, tipa niskokrilac, sa dva sedišta u tandem konfiguraciji, sa maksimalnom poletnom masom od 6300 kg i razmahom krila od 9.9 m. Slika aviona Galeb G-4 dat je na slici 4. Avion je opremljen turbomlaznim motorom tipa Rolls-Royce Viper 632–46 sa maksimalnim potiskom $F_{\max}=17,8$ kN.



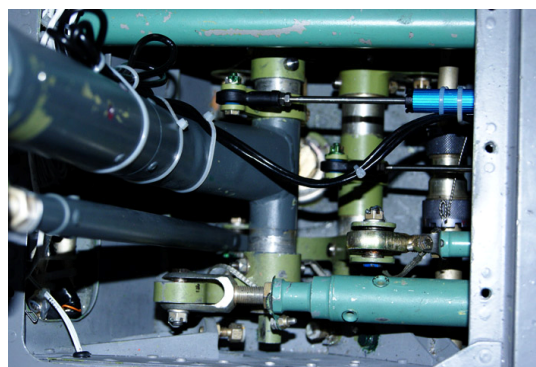
Slika 4 – Avion Galeb G-4
Figure 4 –Seagull G-4 Aircraft

TOC poseduje kompletnu akvizicionu opremu za formiranje avionske laboratorijske multisenzorske platforme za realizaciju praktičnog dela edukacije studenata vazduhoplovstva u oblasti ispitivanja u letu. Ispitno-merna oprema za ispitivanja u letu je izuzetno skupa jer je dizajnirana da zadovoljava stroge standarde koji se odnose na pouzdan rad u ekstremnim ambijentalnim uslovima i povećanog nivoa elektromagnetnih interferencija. Savremenom i preciznom opremom izbegava se mogućnost subjektivnog zaključivanja pilota o pojedinim fenomenima tokom ispitivanja. U procesu edukacije studenti moraju da savladaju postupak dizajna merno-akvizicionog sistema, koji zavisi od definisane metode merenja, kao i vrste i broja mernih parametara kao i osnovne tehnike njene integracije na sam vazduhoplov (Đurković, 2011, pp. 116–133), (Jovanović, Filipović, 2007).

Tehnički Obitni Centar poseduje više tipova i generacija digitalnih akvizicionih sistema koji mogu biti upotrebljeni za proces edukacije studenata Vojne akademije u oblasti ispitivanja u letu. Na slici 5 prikazan je akvizicioni sistem integrisan na avion Lasta, a na slici 6 prikazan je način integracije mernog pretvarača (linearni potenciometri) položaja otklona palice po uzdužnoj osi (Paulo, 2008, pp. 243–252).

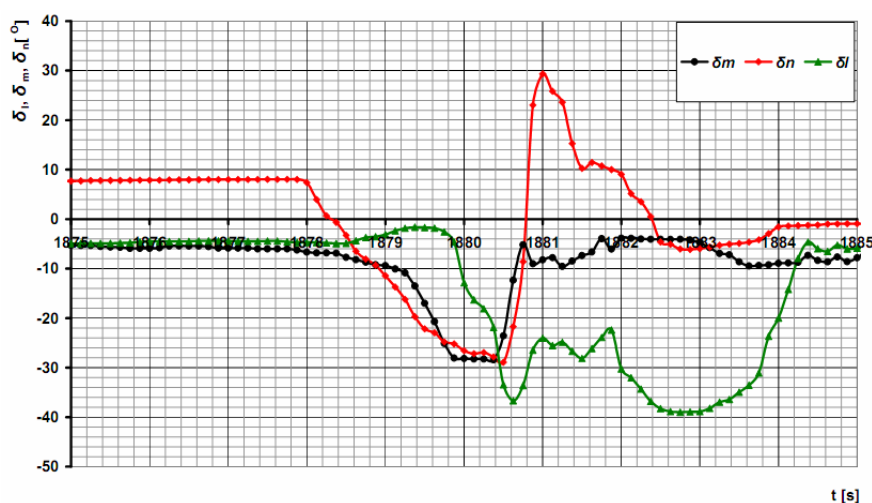


Slika 5 – Akvizicioni sistem na avionu
Figure 5 – Acquisition system on aircraft



Slika 6 – Instalacija mernog pretvarača otklona palice po uzdužnoj osi
Figure 6 – Sensor installation of longitudinal stick position

Tokom procesa ispitivanja merni parametri se memorišu na odgovarajućim PC kompatibilnim registratorima na samom avionu ili na zemaljskoj kompatibilnoj stanici u realnom vremenu. Tako dobijene baze registrovanih mernih parametara se mogu uvoditi u različite softverske pakeete u cilju obavljanja detaljnih posle letnih analiza (Specijalni softveri, Matlab, Microsoft Excel). Korisnički softver mora da ima mogućnosti za manipulaciju matricama, grafičkim prikazom funkcija u 2-D i 3-D i mogućnost kreiranja sopstvenih interfejsa. Na slici 7 prikazan je primer snimljenih otklona komandnih površina u fazi uvođenja aviona u kovit.



Slika 7 – Otklon komandnih površina u fazi uvođenja u kovit
Figure 7 – Control surface deflection in the phase of spin entry

Na osnovu iznetih činjenica o kvalifikovanom osoblju, opremi za ispitivanje u letu i posedovanju raznih softverskih alata, može se zaključiti da Vojna akademija Ministarstva Odbrane Republike Srbije ima sve potencijale za unapređenjem obrazovanja studenata tehničke službe u oblasti vazduhoplovstva. Vojna akademija kao nosilac edukativnog procesa u Vojski Srbije treba da bude integrator navedenih institucija u cilju sopstvene afirmacije kao savremene visokoškolske institucije.

Plan i program predmeta ispitivanja u letu

Plan i program predmeta ispitivanja u letu u sebi sadrži sledeće celine:

- Upoznavanje sa tehničkim karakteristikama vazduhoplovne platforme na kojoj se vrši obuka ispitivanja u letu,
- Upoznavanje sa relevantnim tehničkim standardima i kriterijumima za ocenu kvaliteta,

- Izrada Programa ispitivanja koji u sebi sadrži potreban broj praktičnih vežbi iz oblasti performansi vazduhoplova i stabilnosti i upravljivosti vazduhoplova,

- Definisane konfiguracije mernog sistema na letelici i integracija opreme na letelicu,

- Izrada konkretnih zadataka test pilotu koji korespondiraju sa pojedinim praktičnim vežbama, a koje se mogu realizovati kroz više ispitnih letova,

- Analiza rezultata ispitivanja, i

- Izrada završnog izveštaja o rezultatima ispitivanja sa ocenom o stepenu zadovoljenja zahteva tehničkih propisa i drugih kriterijuma za ocenu kvaliteta ispitivanog sredstva i definisanjem ograničenja u eksploataciji.

Na osnovu iskustva i Plana i programa visokoškolskih institucija u svetu, minimalan broj vežbi koji bi studente uveo u oblast ispitivanja u letu je šest (3 vežbe iz oblasti performansi i 3 vežbe iz oblasti stabilnosti i upravljivosti). Pored izvršenja letova neophodno je studente upoznati i sa metodologijom definisanja arhitekture ispitno-merne opreme kao i tehnologijom njene integracije na ispitnoj platformi.

Na osnovu iznešenih potrebnih elemenata za uspešno savlađivanje nastavnog gradiva u praktičnom ispitivanju u letu ovde je predložen okvirni Plan i program sa potrebnim vremenom rada za savlađivanje svih elemenata ispitivanja u letu. Plan i program je dat u Tabeli 1.

Tabela 1
Table 1

Predloženi plan i program ispitivanja u letu
Recommended plan and program of flight tests

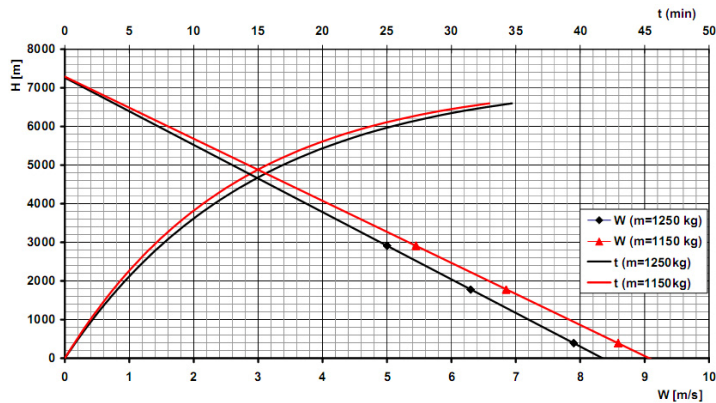
RB	Aktivnost	Oblast	Potrebno vreme radni dani
1.	Izbor merenih veličina		1
2.	Dizajniranje ispitno-mernog lanca (izbor mernih pretvarača i akvizicionih sistema)		2
3.	Integracija ispitno-merne opreme na avion		5
4.	Etaloniranje ispitno-merne opreme		2
5.	Prva vežba Kalibracija pito-statičkog sistema (izbor metode, pisanje zadatka, izvršenje leta i obrada leta)	<i>Performanse</i>	3 (2 leta)
6.	Druga vežba Performanse penjanja (izbor metode, pisanje zadatka, izvršenje leta i obrada leta)	<i>Performanse</i>	3 (2 leta)

RB	Aktivnost	Oblast	Potrebno vreme radni dani
7.	Treća vežba Brzina svaljivanja (izbor metode, pisanje zadatka, izvršenje leta i obrada leta)	<i>Performanse</i>	3 (2 leta)
8.	Četvrta vežba Određivanje neutralne tačke aviona (izbor metode, pisanje zadatka, izvršenje leta i obrada leta)	<i>Stabilnost i upravljivost</i>	5 (4 leta)
9.	Peta vežba Poprečno-smerna statička stabilnost (izbor metode, pisanje zadatka, izvršenje leta i obrada leta)	<i>Stabilnost i upravljivost</i>	5 (4 leta)
10.	Šesta vežba Uzdužna dinamička stabilnost (izbor metode, pisanje zadatka, izvršenje leta i obrada leta)	<i>Stabilnost i upravljivost</i>	4 (4 leta)
11	Pisanje izveštaja		5

U prvom delu kursa studenti se upoznaju sa osnovnom metodologijom u dizajniranju ispitno-merne opreme, njenom kalibracijom i integracijom na konkretni avion. Rezultat čitavog procesa praktične edukacije iz oblasti ispitivanja zavise od uspešnosti implementacije određene merne metode i potrebnih tehnoloških postupaka. Nakon ovog dela kursa studenti prelaze na praktična ispitivanja vazduhoplova u predloženih šest vežbi.

U prvoj vežbi, studenti se upoznaju sa i načinom merenja i proračuna različitih brzina vazduhoplova, kao što su indicirana brzina, kalibrisana brzina, stvarna brzina i brzina u odnosu na zemlju. Takođe se produbljuju znanja o totalnim i statičkim pritiscima, njihovom merenju i koji su izvori greške pitostatičkog sistema. Vršni se proračun grešaka pito-statičkog sistema: pozicione, greške kašnjenja, instrumentalne i kalibracione, i kako ove greške utiču na utvrđivanje performansi aviona. Ispitivanje sadrži dva leta na različitim konstantnim brzinama i visinama (Olson, 2000).

U drugoj vežbi, studenti proučavaju performanse penjanja metodom zubaca ili metodom totalne energije u zavisnosti od tipa vazduhoplova. Pri ovim ispitivanjima studenti se familijarizuju sa efektom raspoložive i potrebne snage pri različitim brzinama. Ova ispitivanja se sastoje od više penjanja i poniranja na bezbednoj visini. Pri ovim ispitivanjima studenti stiču iskustvo u primeni jednačina kretanja koji se odnose na penjanje i rezultate porede sa proračunskim rezultatima. Tipičan dijagram brzine penjanja i vremena penjanja jednog klipno-elisnog aviona dat je na slici 8.



Slika 8 – Dijagram brzine i vremena penjanja
Figure 8 – Diagram of climb velocity and time

Treća vežba pruža studentima mogućnost razumevanja ponašanja aviona pri minimalnim brzinama, tj. pri brzinama svaljivanja pri različitim konfiguracijama aviona. Brzina svaljivanja predstavlja brzinu aviona pri kojoj dolazi do gubitka uzgona. Gubitak uzgona se proučava za čistu, polletnu i sletnu konfiguraciju vazduhoplova, kao i pri zaokretima pri različitim opterećenjima i snagom motora.

Primarni zadatak četvrte vežbe je upoznavanje sa metodom ispitivanja u cilju identifikacije pozicije neutralne tačke po uzdužnoj osi. Ovom vežbom studentima se prezentuje praktična važnost određivanja neutralne tačke i njen uticaj na stabilnost letelice. Vrš se procena relacijskih odnosa između koeficijenta propinjanja u funkciji napadnog ugla, neutralne statičke stabilnosti i neutralne tačke. Ova vežba se sastoji od dve serije ispitnih letova sa različitim centražama vazduhoplova i sa podacima dobijenih na različitim brzinama pri uzdužnoj stabilizaciji vazduhoplova.

Peta vežba ispitivanja u letu se odnosi na poprečno-smernu statičku stabilnost sa naglaskom na praktična merenja uglova klizanja, valjanja, bočne sile, trimovanje i koordiniranog zaokreta. Proučavanje poprečno-smerne statičke stabilnosti ispituje reakciju vazduhoplova kada njegova putanja odstupa iz ravni simetrije. U ovim letovima studenti bi trebali da steknu iskustvo u sprezi između poprečne i smerne stabilnosti. Značaj ugla dijedra, položaj ugradnje krila i vertikalnog repa u poprečno-smernoj statičkoj stabilnosti moraju biti prezentovani, ispitani i analizirani.

Poslednja vežba uvodi studente u dinamičku stabilnost vazduhoplova sa ciljem njihovog razumevanja pojava kratkoperiodičnih i fugoidnih modova uzdužnog kretanja. Poznavanjem načina i metoda pobude ovih modova moguća je analiza dinamičke stabilnosti vazduhoplova. Zahtevi ispitivanja u ovoj vežbi je razvoj i ocena dinamičke stabilnosti u fugoidnom, Dutch roll i spiralnom modu. U teoriji dinamička stabilnost se javlja kada relevantni parametri stabilnosti teže konačnim vrednostima u toku

vremena. Sva tri moda oscilovanja je kod stabilnih aviona teško izazvati, tako da je za izvršenje ovih vežbi potrebna izuzetna tehnika pilotiranja. Analizom ovih parametra se dobija prigušna karakteristika vazduhoplova, što je neophodno za potpuno razumevanje dinamičkih pojava aviona.

Predloženi plan i program ispitivanja može biti proširen i na oblast ispitivanja pogonskih grupa i drugih sistema vazduhoplova.

Zaključak

Na osnovu iznetih činjenica o stanju, potencijalima i mogućnostima Vojske Srbije i Ministarstva odbrane, može se zaključiti da je unapređenje edukativnog procesa oficira tehničke službe vazduhoplovnog smera u smislu formiranja aviona laboratorije i uvođenjem predmeta ispitivanja u letu realno iz sledećih razloga:

- Vojska Srbije raspolaže sa potrebnim ljudskim i materijalnim resursima za uključanje u edukativni proces kroz angažovanje TOC-a za realizaciju praktičnog ispitivanja u letu, na aerodromu Batajnica. Avioni koji bi se koristili u ovom procesu su domaće proizvodnje, pre svega novi avion Lasta.

- U okviru Univerziteta Odbrane i Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu postoji kvalifikovano osoblje za realizaciju teorijske nastave. Troškovi za formiranje predmeta Ispitivanja u letu na Vojnoj akademiji su minimalni.

Formiranje aviona laboratorije za potrebe školovanja oficira vazduhoplovstva ima višestruke prednosti, i to:

- Omogućuje sintezu teorije i prakse što kao krajnji cilj ima stvaranje inženjera vazduhoplovstva koji će na svojim dužnostima uspešno i brzo prepoznavati probleme i adekvatno ih rešavati.

- Vojna akademija na taj način ulazi u red odabranih visoko školskih institucija u svetu koji u svom programu imaju predmet ispitivanja vazduhoplova u letu,

- Sa ovakvim programom usavršavanja Vojna akademija ima mogućnost školovanja studenata vazduhoplovstva van sistema odbrane iz zemlje i inostranstva.

Uvođenje predmeta Ispitivanje vazduhoplova u letu na Vojnoj akademiji je realna mogućnost, poboljšava proces obrazovanja i doprinosi boljoj poziciji Vojne akademije među visoko školskim ustanovama u svetu. To može biti rezultat razvoja zajedničkog studijskog programa Univerziteta odbrane i Univerziteta u Beogradu sa ciljem školovanja i studenata iz drugih zemalja.

Literatura

Abbitt, J., Carroll, B., Fearn, R., Rivers, R., 1996, *Flight Test Engineering – An Integrated Design/Laboratory Course*, Journal of Engineering Education, Vol.85, No. 1, pp. 73–76.

Andrzej, T., 2010, *The flying laboratory for aeronautics students education*, Aircraft Engineering and Aerospace Technology: An International Journal, Vol. 82, No. 5, pp. 320–330.

Đurković, S., 2011, *Razrada tehnološkog postupka pri ugradnji i opremanju instrumenata u vazduhoplovu*, Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier, Vol. 59, No. 4, pp. 116–133.

Filipović, Z., 2010, *Metodologija ispitivanja vazduhoplova u letu*, Novi glasnik, broj 1/2010, pp. 111–124.

Filipović, Z., Marković, M., Pavlović, M., 2003, *Osnovne performanse PCM/FM telemetrijskog sistema za merenje parametara vazduhoplova i fizioloških karakteristika pilota*, Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier, Vol. 51, No. 6, pp. 578–584.

Gaćeša, N., 2009, *Školski avion Lasta 95*, Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier, Vol. 57, No. 3, pp. 142–143.

Gredić, V., Filipović, Z., 2005, *Predlog softverskog rešenja telemetrijskog i teodolitskog sistema*, Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier, Vol. 53, No. 1, pp. 23–35.

Jovanović, M., Filipović, Z., 2007, *Konfiguracija akvizicionih sistema za merenje relevantnih parametara u okviru programa obuke test pilota*, 2. Konferencija Odbrambenih Tehnologija – OTEH 2007, Beograd, Oktobar 3–5.

Olson, W. M., 2000, *Aircraft Performance Flight Testing*, Air Force Flight Test Center, Edwards AFB, California.

Paulo, I., 2008, *Low-cost flight test system for light aircraft*, Aircraft Engineering and Aerospace Technology: An International Journal, Vol. 80, No 3, pp. 243–252.

Sadraey, M., Joyce, D., O'Donnell, J., Bertozzi, N., 2009, *DWC flight test education at undergraduate level in realization of CDIO initiatives*, Proceedings of the 5th International CDIO Conference, Singapore Polytechnic, Singapore, June 7–10.

www.cranfield.ac.uk/students/courses/page1487.html, (10. 10. 2011)

www.aero.polimi.it/~trainelli/FlightLineLab/POLI-FlightLine.htm, (10. 10. 2011)

www.dwc.edu/admissions/programs/engineering.cfm, (10. 10. 2011)

IMPROVEMENT OF THE MILITARY ACADEMY EDUCATION SYSTEM FOR AERONAUTICS STUDENTS USING THE FLYING LABORATORY

FIELD: Mechanical Engineering, Aeronautics

ARTICLE TYPE: Professional Paper

Summary:

This article describes a proposal to improve the educational process for the students of the Military Academy to support the maintenance of the Serbian Army aircraft based on the introduction of the subject called Aircraft Flight Tests. The article particularly emphasizes the importance of establishing aircraft laboratories with the basic characteristics of the test-measuring equipment necessary to be

integrated into the aircraft in order to realise practical tests of an aircraft in flight. The formation of aircraft laboratories would form a very strong didactic tool which would provide an optimal synthesis of theory and practice. This concept of improving the educational process would substantially raise the awareness of the necessity of cooperation and involvement of all research capacities of the scientific institutions in the Ministry of Defense of the Republic of Serbia.

Introduction

In their concept of education, modern higher education institutions in the world develop the aspect of applied research in addition to the development of the quality of their theoretical scientific teaching process. Expert analyses have noticed the tendency of decreasing interest in young people for technical sciences. This situation poses a problem of continuity of education of professional technical staff. One way of overcoming the lack of aviation engineers and services personnel in the Serbian Armed Forces is to introduce the curriculum of engineering aviation services at the Military Academy and improve it by introducing the subject Aircraft Flight Tests in terms of applied research, i. e. to enable students to work on aircraft testing. It is proposed to form a flying laboratory in the Technical Testing Center.

Flight test

Flight tests represent the final stage of aircraft production. The flight testing is a complex process that requires the engagement of numerous specialists in the field of aviation with a strictly defined test procedure. This paper describes the need for the integration of practice into the Military Academy students teaching process.

Role of flight testing in the education process of aeronautical engineers

The reasons are given for forming flying laboratories in the educational process for the Military Academy students. Practical flight tests for students training should be designed to link the theoretical knowledge acquired in the theoretical teaching, from the simplest aircraft performances to more complex and technically demanding tests. The knowledge gained in this practical course would allow students to complete their knowledge acquired in theoretical subjects.

Required resources for improving the education of aeronautical engineering students at the military academy

Flight testing requires specific resources that are unique and available at a very small number of university institutions. All resources can be divided into three groups: adequately qualified staff, equipment (aircraft and instrumentation) and software tools necessary for the flight execution and analysis. The institutions that would be involved in the education of aviation engineers already exist in the MoD RS, and they are: the Military Academy and the Technical Test Center.

Plan and programs of flight testing

The plan and program of flight tests is a basic document which should define the themes for practical flight tests, test methods and activities of all participants in the course. Based on the adopted plan and program, the acquisition system will be designed with adequate number of channels in order to satisfy all measuring parameters and adopt the methods by which testing will be performed. Six themes are given in the proposal of the flight test plan and program, with detailed descriptions of the features to be tested. The proposed program can be expanded in consultations with the qualified staff working team.

Conclusion

On the basis of the mentioned facts about conditions, potentials and capabilities of the Serbian Armed Forces, it can be concluded that the improvement of the educational process for technical officers in aviation services is feasible in terms of the forming an aircraft laboratory and introducing the subject of Aircraft Flight Tests, with minimal financial investment and multiple benefits for all institutions involved in this process.

Key words: Flying laboratory, education, measuring equipment, flight test.

Datum prijema članka/Paper received on: 01. 01. 2012.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/
Manuscript corrections submitted on: 21. 04. 2012.

Manuscript corrections submitted on: 21. 04. 2012.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted
for publishing on: 23. 04. 2012.