

Mr Zoran Filipović,
pukovnik, dipl. inž.
sc Saša Tirnanić,
major, dipl. inž.
mr Gordana Mitrović,
dipl. inž.
Vazduhoplovni opitni centar,
Batajnica

SEDAMDESET GODINA VAZDUHOPLOVNOG OPITNOG CENTRA

Uvod

Vazduhoplovni opitni centar (VOC) nastavlja tradiciju Vazduhoplovne opitne grupe, formirane 14. decembra 1933. godine Ukazom kralja Aleksandra Karađorđevića. Tokom 70 godina postojanja ova institucija je postala poznata i priznata na polju veoma specifičnih primenjenih istraživanja, kao što su ispitivanja vazduhoplova u letu.

Ovaj veliki jubilej obeležen je Svečanom akademijom održanom 12. decembra 2003. godine u Domu garde u Topčideru uz prisustvo velikog broja zvanica. Tom prilikom izaslanik predsednika državne zajednice, ministar odbrane SCG Boris Tadić uručio je komandantu VOC-a, pukovniku Mirku Vraniću, orden „TESLA trećeg stepena“.

Predstavnik Ministarstva za saobraćaj i telekomunikacije Vlade Republike Srbije Velibor Vukašinić uručio je i sertifikat za školu opitnih i probnih pilota.

Istorijat VOC-a

Vazduhoplovni opitni centar ponikao je iz Vazduhoplovne opitne grupe (VOG), koja je bila locirana na starom aerodromu „Beograd“, a za rad i smeštaj

sredstava dodeljen joj je veliki metalni hangar „C“, koji i danas postoji na tom prostoru. U njemu su bili smešteni domaći prototipovi i avioni stranih proizvođača koji su bili na ispitivanju i proceni u našem vazduhoplovstvu. Opitnu grupu činio je pilotski i tehnički sastav. Probni piloti su birani između velikog broja dobrih letaća, koji su se, pored vrhunske tehnike pilotiranja odlikovali i dobrim poznavanjem vazduhoplovne tehnike. Tehnički sastav sačinjavalo je nekoliko vazduhoplovnih inženjera i određeni broj mehaničara, laboranata, fotografa i drugih specijalista.

Prvi avion koji je zvanično ispitan bio je prelazni dvokrilac fabrike Zmaj, FP-2. Od tada pa do 1941. godine kroz VOG je prošlo preko 60 različitih tipova i varijanti aviona domaće i strane konstrukcije i proizvodnje.

Sa početkom Drugog svetskog rata prestaju aktivnosti opitne grupe. Neposredno po okončanju rata izvršena je preformacija celokupnog vazduhoplovstva, kojom su neke jedinice rasformirane, a druge preformirane u skladu sa novim potrebama. Naređenjem Generalštaba Jugoslovenske armije o preformaciji 1945. godine formiran je Vazduhoplovnotehnički centar (VTC), koji je počeo sa ra-

dom na aerodromu „Beograd“, u istim prostorijama koje je koristila opitna grupa. Već avgusta 1946. godine VTC je pretpočinjen novoosnovanom Vazduhoplovnotehničkom institutu (VTI) i promenio naziv u Odeljenje za primenjeni let (VII odeljenje VTI), sa zadatkom ispitivanja letaćkih i tehničkih sposobnosti aviona. Kako to odeljenje, koje je imalo samo 6 ljudi, nije moglo da sprovodi sva ispitivanja za kojima se u međuvremenu pojavila potreba, Komanda JRV je odlučila da ponovo formira poseban centar. Kao rezultat tih potreba, januara 1949. godine, formiran je Vazduhoplovni opitni centar (VOC).

Prekretnicu u radu VOC-a predstavlja prebaziranje na novoizgrađeni aerodrom Batajnica, juna 1951. godine, koji je i danas matična baza centra. U početku su ispitivani osposobljeni trofejavi avioni i avioni koji su stigli kao vojna pomoć. Na drugu godišnjicu oslobođenja Beograda, 19. oktobra 1946. poleteo je prvi domaći avion Aero-2, a 25. oktobra 1952. i prvi domaći mlazni avion – 451M. Pored ispitivanja niza aviona domaćih konstruktora, VOC u ovom periodu ispituje i veliki broj aviona, kako istočnog, tako i zapadnog porekla, što ga čini jedinstvenim u svetu. Od 1949. godine počinje ispitivanje jedrilica, od 1950. godine padobrana domaće proizvodnje, dok 1958. godine dolazi na ispitivanje i prvi helikopter S-55.

Rad VOC-a u periodu šezdesetih godina ogleda se u ispitivanju aviona znatno boljih performansi. U to vreme naše vazduhoplovstvo je raspolagalo sa dosta mlaznih aviona zapadnog porekla na kojima su vršene razne modifikacije, koje su proveravane u centru. Ovaj period obeležilo je ispitivanje savremenog

mlaznog školsko-borbenog aviona G-2 „galeb“, koji je poleteo 1961. godine, i mlaznog jurišnika „jastreb“, koji je poleteo 1965. godine. Avion „galeb“ sa pilotima VOC-a doživeo je svetsku premijeru 1963. godine na aerosalonu u Parizu, što ujedno predstavlja i prvo prikazivanje jednog našeg aviona u inostranstvu od 1945. godine.

Period sedamdesetih i osamdesetih godina karakteriše ispitivanje aviona visokih performansi, aviona za osnovnu obuku, jedrilica, velikog broja elektronskih uređaja i opreme vazduhoplova, kao i integracija novih vazduhoplovnih ubojnih sredstava. Ovaj period obeležilo je ispitivanje domaćih tipova vazduhoplova, mlaznog jurišnika „orao“ i mlaznog školsko-borbenog aviona G-4 „galeb“. U ispitivanju ovih aviona po prvi put su primenjene i verifikovane evolutivne metode ispitivanja u letu, ispitivanja aeroelastičnih pojava, a na avionu „orao“ ispitana je i električna komanda pravca (fly-by wire), kao priprema za budući veliki projekat nadzvučnog aviona.

Sumirajući celokupan rad od 1945. godine, u VOC-u su ispitana 203 tipa vazduhoplova, od čega 94 tipa domaćih aviona, 60 tipova stranih aviona, 14 tipova



Sl. 1 – Prototip školsko-borbenog aviona G-4 „galeb“

va helikoptera i 35 tipova jedrilica. Takođe, ispitano je i 102 tipa padobrana svih vrsta i veliki broj vrsta i tipova vazduhoplovnog naoružanja, elektro i elektronske opreme, vazduhoplovnih motora i sistema domaćeg i stranog porekla.

Za potrebe ispitivanja piloti VOC-a izvršili su preko 120 000 letova, a inženjeri sačinili preko 1600 izveštaja – elaborata o izvršenim zadacima ispitivanja.

Naučnoistraživački rad, usavršavanje i školovanje kadra u VOC-u

Vazduhoplovni opitni centar organizovan je i namenjen za: završna, verifikaciona, homologaciona i razvojna ispitivanja, davanje stručne ocene o ispunjenju zahteva i standarda, realizaciju programa istraživanja u oblasti metoda i postupaka ispitivanja, izradu predloga uputstava pilotu i za opremu za metrološko obezbeđenje.

Osnovne delatnosti VOC-a su u oblasti vazduhoplovnotehničkih ispitivanja (VTI) i u oblasti naučnoistraživačkog rada i obuke (NIR).

Ispitivanje vazduhoplova u letu je samostalna oblast primenjenih istraživanja koja po svom karakteru predstavljaju multidisciplinarni proces koji podrazumeva angažovanje istraživača različitog profila, počevši od istraživača koji vodi konkretan program ispitivanja, istraživača koji je odgovoran za implementaciju određene metode za merenje veoma raznorodnih fizičkih i električnih veličina, pa do opitnih pilota koji realizuju određeno ispitivanje.

U početnoj fazi razvoja vazduhoplovstva obično je konstruktor aviona bio

i opitni pilot. On je letelicu usavršavao i, konačno, ocenjivao.

Davne 1931. godine prvi tehnički rukovodilac grupe kapetan inž. Kosta Sivčev školovan je u francuskom opitnom centru „Vilakuble“ kraj Pariza, koji se u to vreme ubrajao među najbolje u svetu, kao prvi stranac kome je dozvoljeno da upozna rad ove institucije. U to vreme u Parizu je boravio i naš već tada poznati vazduhoplovni stručnjak dr inž. Miroslav Nenadović, koji se sticajem okolnosti često nalazio na aerodromu „Vilakuble“, gde se bavio i problematikom svodenja rezultata ispitivanja performansi aviona na uslove standardne atmosfere.

Metode ispitivanja vazduhoplova koje su korišćene u VOG-u preuzete su iz francuskog opitnog centra.

Nakon Drugog svetskog rata osposobljavanje inženjera za zadatke ispitivanja u letu vršeno je, donekle, na bazi nekih nasleđenih znanja, kao i iskustava drugih sličnih ustanova u svetu, naravno u onoj meri koju su pružale oskudne informacije u stručnim časopisima i dostupnoj literaturi, kao i školovanja inženjerskog i pilotskog kadra u sličnim institucijama u svetu.

Tih godina profilisu se osnovne delatnosti VOC-a koje se ogledaju u razvoju, implementaciji, organizaciji i provođenju primenjenih istraživanja vezanih za vazduhoplovnotehnička ispitivanja i ispitivanja i delatnosti u oblasti naučnoistraživačkog rada i obuke baziranih, pre svega, na iskustvima svetski poznatih škola za obuku opitnih inženjera i pilota, kao što su „EPNER“ i Edwards.

U sklopu realizacije razvojnih projekata, pored aerodinamičkih ispitivanja,

vršeno je ispitivanje i pogonskih grupa vazduhoplova, kako na zemlji tako i u letu kao i ispitivanje integracije naoružanja (raketa, avio-bombi). Takođe, ispitivani su i razni sistemi vazduhoplova, kao što su gorivni i hidrosistemi, kočioni uređaji, kao i više vrsta zemaljske opreme (agregati za pokretanje aviona, hidroagregati, vučna vozila, zaustavne mreže, ...).

Tokom procesa ispitivanja više vrsta prototipova aviona u letu potvrđen je karakter primenjenih istraživanja, multidisciplinarnosti, kao i korišćenje savremenih mernih sistema za objektivizaciju ispitivanja.

Osnovni pravci primenjenih istraživanja odnose se na:

- utvrđivanje performansi domaćih i inostranih vazduhoplova;
- utvrđivanje stabilnosti i upravljivosti svih tipova vazduhoplova;
- utvrđivanje aerodinamičkih karakteristika i stabilnosti u letu vučnih i programiranih meta;
- utvrđivanje aerodinamičkih karakteristika svih vrsta padobrana;
- ispitivanje i istraživanje karakteristika svih vrsta nevođenih i vođenih avio-bombi, kao i raketa vazduh-zemlja i vazduh-vazduh;
- utvrđivanje balističkih parametara raketa i avio-bombi i izrada parametara nišanja i gađanja;
- utvrđivanje realnih karakteristika sredstava za pasivno ometanje (IC i protivradarskih mamaca);
- ispitivanje i istraživanje specijalne elektronske i električne opreme (intervalometri, sistemi za upravljanje i dr.);
- ispitivanje uslova nestabilnih režima rada motora u letu;

- ispitivanje pogonskih karakteristika klipno-elisne pogonske grupe (vučna sila);
- ispitivanje graničnih režima leta aviona;

- merenje spoljašnje buke vazduhoplova po standardu ICAO Annex 16.

Kriterijumi za ocenu performansi i kvaliteta leta pri ispitivanju vazduhoplova u letu baziraju se, pored domaćih JUS i SNO standarda i dokumenata PKP, i na korišćenju inostranih standarda (JAR, OSTIV, FAR, MIL).

Naučnoistraživačka delatnost je, pored vazduhoplovnotehničkih ispitivanja i istraživanja, vršena i kroz sledeće delatnosti:

- izradu vazduhoplovnih standarda i metroloških uputstava;
- izradu metoda i postupaka ispitivanja;
- izradu radova za naučno-stručne skupove;
- inventivnu delatnost (27 tehničkih unapređenja i jednog patenta).

Na postizanje vrlo dobrih rezultata tokom ispitivanja različitih vrsta vazduhoplova i njihovog uvođenja u naoružanje znatno je uticalo školovanje i stručno usavršavanje inženjerskog kadra u inostranstvu i na posle diplomskim studijama u zemlji.

Pored školovanja jednog opitnog pilota i inženjera u francuskoj školi „EPNER“ do sada je u inostranstvu stručno usavršavano 27 pripadnika VOC-a, od kojih je posebno značajno školovanje jednog inženjera u ruskoj akademiji „Žukovski“, kao i stručna obuka grupe inženjera za opto-teodolitski sistem „Skytrack“ u Švajcarskoj i za telemetrijski sistem „Loral“ u SAD. Takođe, vršene su stručne obuke za mernu opremu i

vođenu raketu vazduh-zemlja u Francuskoj i ispitivanje mlaznih motora u Velikoj Britaniji.

Tokom svog radnog veka veći broj stručnjaka VOC-a stekao je doktorska i magistarska zvanja na domaćim univerzitetima. Zahvaljujući postojećem stručnom kadru sa akademskim i naučnim zvanjima VOC je, prema Zakonu o vojnim školama i vojnim naučnoistraživačkim ustanovama, uveden u Registar vojnih naučnih ustanova i istraživačko-razvojnih jedinica.

Istraživačku Razvojnu jedinicu VOC-a organizaciono sačinjavaju: Organ za VTI i NIR, Sektor za vazduhoplovno-tehnička ispitivanja i Sektor za merenje i obradu podataka.

Dana 29. marta 2002. godine VOC je dobio Uverenje o osposobljenosti za ispitivanje vazduhoplova u letu (za 6 vrsta ispitivanja) od Saveznog ministarstva saobraćaja i telekomunikacija i time postao jedina ovlašćena institucija u našoj zemlji za ovu delatnost, kako za vojne, tako i za civilne aplikacije.

Započete su aktivnosti vezane za akreditaciju Laboratorije za etaloniranje i ispitivanje vazduhoplova u letu kroz sprovođenje procedure za implementaciju ISO 17025-2001 standarda.

Istraživačko-razvojni potencijal VOC-a, sa kadrovskog i materijalnog aspekta, obezbeđuje uslove za dalje proširenje istraživačke dimenzije rada i svestraniji nastup u zemlji i inostranstvu.

Sticanjem statusa istraživačko-razvojne jedinice i drugih civilnih ovlašćenja VOC je povećao odgovarajući stručni i naučni rejting u zemlji i ostvario pretpostavke za lakšu komunikaciju sa naučnim institucijama u zemlji i svetu.

Tehnička podrška ispitivanjima vazduhoplova u VOC-u

Savremeni vazduhoplovi predstavljaju složene sisteme koje treba efikasno i u određenom roku ispitati na zemlji i u letu. Osnovna karakteristika ovakvih ispitivanja su merenja veoma raznorodnih električnih i neelektričnih (fizičkih) veličina. Broj parametara koji se mere prevashodno zavisi od vrste ispitivanja i obično su reda od nekoliko desetina do nekoliko hiljada podeljenih u različitim fazama ispitivanja. Ispitivanja na zemlji i u letu obično se vrše na više prototipova na kojima se raspodeljuju pojedine aktivnosti. Za objektivizaciju merenja koriste se veoma složeni multikanalni merni (akvizicioni) sistemi koji se sastoje od dva merna podsistema. Predajni podsistem se integriše na samom objektu ispitivanja, a prijemni podsistem se konfigurise kao posebna kompatibilna zemaljska stanica.

Na samom početku ispitivanja vazduhoplova u našoj zemlji, 1932. godine, za potrebe ispitivanja u Francuskoj je kupljena kompletna oprema najnovije generacije za postavljanje jedne fotoelektrične baze za merenje brzine aviona, kao i etaloninstrumenti za akviziciju i obradu podataka iz leta, kao što su brzinoмери, obrtomeri, barografi, pokretne vage za merenje mase i druga oprema.

Od tog perioda pa do današnjih dana poklanjana je velika pažnja osavremenjavanju ispitno-merne opreme nabavkom čitave palete mernih komponenata, uređaja i sistema kojima je bilo moguće meriti i registrovati najpre svega nekoliko parametara da bi se savremenim digitalnim mernim sistemima uspešno merilo

više stotina parametara. Uporedo sa ovom mernom opremom, koja se jednim delom integriše na samim vazduhoplovima i njenim kompatibilnim zemaljskim sistemima za obradu snimljenih podataka, posebna pažnja poklanjana je i mernim sredstvima za spoljna trajektografska merenja koordinata letećih objekata u vazдушnom prostoru.

Poslednje značajno osavremenjavanje ispitno-merne opreme izvršeno je nabavkom švajcarskog opto-teodolitskog sistema „Skytrack“, kao i američkog telemetrijskog sistema firme „Loral“. Time se VOC svrstao u red savremenih svet-skih opitnih centara.

Danas je VOC opremljen specijalnim akvizicionim sistemima za merenje, prijem i obradu telemetrijskih podataka sa letelice, mernim sistemom za trajektografska merenja i različitim avionskim mernim uređajima.

Tehničku podršku ispitivanjima vazduhoplova u letu u prvom redu predstavljaju:

- opto-teodolitski sistem;
- PCM/FM telemetrijski sistem koji se sastoji od avionskog mernog podsistema i kompatibilnog zemaljskog prijemnog sistema;
- računski centar;
- elektrolaboratorija za pripremu i integraciju ispitno-merne opreme na vazduhoplove;
- video i filmska laboratorija;
- avioni laboratorije.

Visokoprecizni optoelektronski sistem „Skytrack“ koristi se za merenje koordinata objekata u vazдушnom prostoru. Sistem raspolaže specijalnim softverom koji omogućuje ručni i potpuno automatski mod praćenja letećih objekata

u realnom vremenu ispitivanja, kao i posleletno sračunavanje njihovih brzina, ubrzanja i trajektorija. Bazična konfiguracija sistema sastoji se od dve teodolitske stanice, koje su u uslovima aplikacije međusobno razmeštene na rastojanju od 2 km do 10 km, i kompatibilne stanice za prijem, upravljanje, procesiranje i prezentaciju izmerenih podataka.



Sl. 2 – Optoteodolitski sistem „Skytrack“

Telemetrijski sistem PCM/FM, koji proizvodi američka firma „Loral“, u svojoj arhitekturi sadrži dva osnovna podsistema:

- merni podsistem, koji se integriše na samoj letelici, a sastoji se od određenog broja mernih pretvarača koji vrše konverziju neelektričnih veličina u proporcionalni električni signal, uređaja za multipleksiranje i digitalizovanje mernih signala, predajnika i više antena malog pojačanja putem kojih se vrši transfer podataka do odgovarajuće prijemne stanice;
- kompatibilnu telemetrijsku prijemnu stanicu, koja se sastoji od visoko-usmerene parabolične antene velikog pojačanja. Ona u konfiguraciji sa prijemnim podsistemom omogućuje prijem i veoma slabih signala sa letelica, telemetrijskog procesnog sistema koji obavlja

inverzan proces onom na letelici u smislu demultipleksiranja mernih parametara, memorisanja svih primljenih signala i njihovu prezentaciju na samoj stanici. Mobilna telemetrijska prijemna stanica omogućuje potpuno autonoman rad u terenskim uslovima i prijem i obradu podataka sa letelice udaljene 100 km. Stacionarna telemetrijska stanica omogućuje prijem, obradu i prezentaciju podataka sa vazduhoplova u realnom vremenu sa udaljenosti veće od 200 km.

Telemetrijski sistem je modularnog tipa i raspolaže specijalnim softverom za detaljnu posleletnu analizu izmerenih parametara.

Pored navedenih referentnih mernih sistema, VOC raspolaže i metrološkom laboratorijom II stepena – ML-35, čija je osnovna funkcija verifikacija, odnosno etaloniranje mernih uređaja i avionskih instrumenata. U tu svrhu raspolaže sa sekundarnim etalonima za neelektrične veličine (pritisak, ubrzanje, ugaone brzine) i električne veličine (električni napon, struja i frekvencija).

U savremenoj elektrolaboratoriji vrši se priprema mernih sistema, njihova integracija na objekat ispitivanja, kao i njihovo održavanje tokom perioda ispiti-



Sl. 3 – Avion „orao“ sa kamerama AVIA

vanja. Za tu svrhu koriste se savremeni laboratorijski elektronski instrumenti i uređaji za simuliranje neelektričnih veličina (programabilni multimetri, frekvencimetri, izvori napajanja, analizatori spektra, merači modulacije i snage, logički analizatori, itd.)

U procesu ispitivanja vazduhoplova u letu, a za snimanje karakterističnih detalja tog procesa, koriste se video i filmske kamere velikih brzina rada. Raspolaže se i sa više vrsta avionske videoopreme koja je kompatibilna sa telemetrijskim sistemom, kao i brzim filmskim kamerama (200 snimaka/s). Video i filmska laboratorija omogućuje obradu, analizu i arhiviranje snimljenog materijala.

Za potrebe ispitivanja VOC je opremljen vazduhoplovima – laboratorijama, kao što su:

- modernizovani „super galeb“ G-4M,
- „super galeb“ G-4,
- avion „utva“-75,
- helikopter H-45 „gazela“,
- helikopter Mi-8.

Zaključak

Savremeni vazduhoplovi predstavljaju složene sisteme koje treba efikasno i u određenom roku ispitati sa osnovnim ciljem da se utvrdi kvalitet leta u opsegu proračunom datih ograničenja, performansi leta unutar projektovane anvelope i stabilnost i upravljivost u toku izvođenja zahtevanih manevara. Ispitivanja u letu mogu biti usmerena i ka istraživanju drugih fenomena koji se ne mogu ustanoviti na drugi način.

Ispitivanje u letu je od presudne važnosti, a s obzirom na to da je to poslednja faza stvaranja letelice, jer se samo u

realnim uslovima upotrebe mogu potvrditi svi inicijalni zahtevi projektovanja i verifikovati njene performanse uz maksimalno vođenje računa o bezbednosti ispitivanja. Ispitivanje u letu sprovodi se po tačno definisanom programu koji mora zadovoljiti veliki broj civilnih i vojnih vazduhoplovnih propisa. Specifičnost ove faze stvaranja letelice je u tome što obezbeđuje povratnu informaciju timu konstruktora o opravdanosti njihove procene ili daje prostor za alternativu u projektu. Pored toga, konstruktori stižu uvid u saglasnost projekta sa zadatim specifikacijama i ponašanju letelice u stvarnim uslovima aplikacije.

Vazduhoplovni opitni centar u Batajnici spada u red savremenih opitnih

centara. Pored vojnih aplikacija raspolaže i svim civilnim ovlašćenjima koja mu omogućuju tržišni nastup u zemlji i inostranstvu.

Literatura:

- [1] „Vazduhoplovni opitni centar 1933–2003“, monografija, VOC, 2003.
- [2] Filipović, Z.: Merenje neelektričnih veličina u procesu ispitivanja, magistarski rad, ETF Beograd, 1989.
- [3] Filipović, Z.: Savremeni sistemi za akviziciju informacija o relevantnim parametrima u procesu ispitivanja vazduhoplova u letu, Zbornik radova. VII Kongres JAD, Zagreb, 1985, 129–132.
- [4] Filipović, Z.: Ispitivanja vazduhoplova primenom savremenih PCM akvizicionih sistema, Zbornik radova sa naučnog skupa Vazduhoplovstvo '93. Beograd, 1993.
- [5] Filipović, Z.; Marković, M.; Pavlović, M.: PCM/FM Telemetrijski sistem za merenje parametara vazduhoplova i fizioloških karakteristika pilota, TELFOR, Beograd, 2002.
- [6] Živković, G.; Mitrović, G.; Filipović Z.: Merenje koordinata objekta u vazдушnom prostoru lasersko-teodolitskom metodom, Simpozijum o merenju i mernoj opremi, Beograd, oktobar 1998.