



Технички аспекти развоја домаћег ваздухопловства

Војнотехнички институт баштиник знања

Ове године Србија слави редак јубилеј – сто година војног ваздухопловства. У том периоду је ваздухопловство у нашој земљи пустило дубоке корене. Пројектован је и произведен велики број летелица и ваздухопловне опреме. Ретке су земље које се могу подичити чињеницом да је њихово војно и цивилно ваздухопловство користило, без балона и једрилица, око 9.000 ваздухоплова у око 750 различитих типова, од тога 247 типова домаће конструкције или израде.

Од укупног броја било је око 7.730 војних авиона у око 560 верзија – 217 домаћих и око 1.270 цивилних у око 190 верзија – 30 домаћих.

Поводом тог јубилеја Команда ВиПВО организовала је научни симпозијум 12. и 13. јуна 2012. године. Група ваздухопловних стручњака из Војнотехничког института тада је презентovala техничке аспекте развоја ваздухопловства у Србији од почетака до данашњих дана. Истакнути су трендови развоја и усавршавања појединих области ваздухопловства.

Пројектовање

Ваздухопловна индустрија у Југославији пре Другог светског рата била је на релативно високом нивоу у односу на општи развој земље. Незнатно после првог лета авионом у свету, на простору данашње Србије је 1910. године полетео први домаћи авион, који је конструисао Суботичанин Иван Сарић.

До почетка Првог светског рата на овим просторима пројектовано је и

остварено више типова једрилица и авиона. Између два светска рата започео је снажан успон ваздухопловне индустрије и у том периоду основан је велики број ваздухопловних фабрика као што су: „Икарус“ – Нови Сад, „Змај“ – Земун, „Рогожарски“ – Београд, „Бреге“ – Краљево, Фабрика мотора Влајковић-Walter, „Утва“ – Панчево, „Телеоптик“ – Земун и „Микрон“ и „Нестор“ – Београд.

Тридесетих година појављују се снажне домаће конструкторске групе које су пројектовале око 50 прототипова са више од 800 серијски произведених авиона. Као круна тог рада, пред Други светски рат појавио се и наш чувени ловац ИК-3. О озбиљности рада у том периоду говори податак да је 1936. на Машинском факултету формирана Ваздухопловна група за школовање нових инжењера, која је почела редовну наставу 1937. и траје до данас.

Период после Другог светског рата у развоју ваздухопловства на овим просторима карактерише узлет активности везаних за пројектантску делатност, која је требало да прати обнављање производних капацитета уништених у рату. Започело је окупљање пројектантских група од којих су неке биле активне и у предратном периоду.

У то време било је важно да се млади Југословенско ратно ваздухопловство (ЈРВ) опреми већом количином авиона намењених за све фазе обуке војних пилота, али и за цивилни сектор, оличен у организацији Ваздухопловни савез Југославије (ВСЈ), која је на све начине пропеграла развој ваздухопловства међу млађима. Неколико конструкторских група је у својим пројектним бироима тада испројектовало више типова клипноелисних авиона намењених основној и прелазној обуци војних пилота. Неки од тих типова су у државним предузећима „Икарус“ и „Утва“ произведени у, за данашње појмове, завидним количинама у периоду од 1946. до 1955. године.

Треба само поменути летелице „аеро-2“ (прототип полетео пред рат, произвођен после рата у неколико варијанти), „аеро-3“ и 211 за основну обуку војних пилота, и туристичко-спортски авион „тројка“ за ВСЈ. У категорији прелазних једномоторних авиона треба поменути типове 212, 213 и касније 522.

Екипе конструктора су се огледале и у пројектима двомотораца у категорији

прелазно-борбених двомоторних авиона, што је дало моделе 214 и 215. То су биле претежно летелице мешовите, дрвено-металне структуре с обзиром на познате и расположиве технологије. Дакле, конструкција змаја била је базирана претежно на труповима израђеним од заварених челичних цеви прекривеним оплатом од метала, лепенке и платна и узгонским површинама са рамењачама и ребрима од дрвета и са оплатом од лепенке. Тада су алуминијумске легуре примењиване у сасвим малој мери због релативно високе цене.

Иако је почетак био скроман, постепено се са оваквих превазиђених конструкција прешло на потпуно металне. То је био случај са агилним и дуговечним авионом 522, који завршава серију успешних клипноелисних авиона половином педесетих година. Двомоторац 215 имао је метални труп типа носеће оплате (полумљуска-полумонок) и дрвена крила. Предратни потпуно метални авиони са носећом оплатом били су прототипови борбених авиона-разарача „икарус оркан“ и „змај Р-1“. Двомоторни прелазни авион 214 био је занимљив по примени мљускасте (монок) дрвене сендвич-конструкције по угледу на познати британски авион „москито“ из Другог светског рата.

После првих успеха који су снабдели ваздухопловство нове Југославије авионима за обуку, кренуло се у амбициозније подухвате, па се на цртаћим таблама појављују достојни наследници, који су носили дух предратних успешних пројеката ИК-2 и ИК-3, а изнедрили су се у виду ловачких авиона С-49А и С-49Ц. Осим легата успешних претходника био је приметан и утицај совјетске школе пројектовања, чија техника и идеје су оставиле снажан утисак током завршних и првих послератних година рата.

Ловци типа С нису били последња реч технике, али су успешно попунили редове ЈРВ до доласка модерније технике. Средином педесетих година, захваљујући помоћи са Запада, први реактивни авиони запарали су небо изнад наше земље. После серије малих експерименталних млазњака конструкторске групе „Бешлин“, схватило се да огледање у рингу млазне војне авијације захтева знатно стручнији, детаљнији и свеобухватнији приступ проблемима него што то могу дати изоловане конструкторске групе.



Први авион на простору Србије



Авион С-49Ц



Аеро 3



Авион 214

До највећих проблема дошло је, пре свега, услед појава које су пратиле повећање брзина тих летелице, што је захтевало већа знања из аеродинамике, аероеластичности и чврстоће. Ипак, рад на серији малих реактивних авиона са млазним моторима ограниченог потиска, који је у том тренутку био доступан, представљао је значајан корак, који је отворио пут ка новим успесима. Ради тога се половином педесетих година обједињују снаге конструкторских бироа и пројектантска активност се премешта у специјализовану установу – Ваздухопловнотехнички институт (ВТИ) у Жаркову, која је формирана 1946. године. Стручњаци те установе су се до друге половине педесетих година искључиво бавили фундаменталним истраживањима, испитивањима и арбитражом у домену ваздухопловне технике.

Сељење пројектантског рада у ВТИ омогућило је концентрацију стручног кадра из разних техничких дисциплина, а резултат је уследио почетком шездесетих година када се у небо виноу авион Г-2 „галеб“. „Галеб“ је, као велики скок у односу на претходни технолошки ниво (који је био резултат нужности), отворио врата многим новим технологијама и примене савремених стандарда и прописа који су се тада примењивали у технолошки најна-

да је стотине примерака извезено у више земаља и да данас, преко педесет година од полетања прототипа, поједини авиони лете у многим земљама.

Замах развоја

Нови замах започео је крајем шездесетих и почетком седамдесетих година. Амбициозни пројекат YUROM са суседном Румунијом резултовао је двомоторним авионом за ватрену подршку „орав“, који се и данас налази у нашем наоружању. „Орав“ представља врхунац технолошког и пројектантског домета код нас, јер је утврдио пут многим технологијама на основу чега су многа предузећа у земљи знатно подигла свој технолошки ниво и обогатила машински парк тада најмодернијим нумерички управљаним машинама. То је омогућило развој технологија, као што су израда интегралне фрезоване оплуте крила, хемијског фрезовања, технологије прорачуна и градње стреластог крила, целопокретног интегралног репа, освајање лиценце производње млазних мотора, развоја напредног сагоревања и многих других.

Такав авион требало је опремити савременим оружаним системима вођеним и самонавођеним за дејство изван зоне непосредне ПВО. То је подразумевало

КОНЦЕНТРАЦИЈА СТРУЧНОГ КАДРА

Сељење пројектантског рада у ВТИ омогућило је концентрацију стручног кадра из разних техничких дисциплина, као што су аеродинамика, конструкција, чврстоћа, погонска група, опрема, наоружање итд. Те активности и чињеница да су у нашем наоружању већ били реактивни авиони западног порекла, омогућили су да се амбициозно крене у пројектовање првих домаћих војних млазних летелица. Резултат није изостао и ускоро се, почетком шездесетих година, у небо виноу витки авион чистих линија Г-2 „галеб“, намењен за све фазе обуке.

преднијим земљама. Једно од достигнућа била је технологија израде крила са ламинарним профилима, која је захтевала врло прецизан и посвећен рад. Све те задатке ВТИ је успешно спровео у тесној сарадњи са домаћим предузећем „Соко“.

Успех постигнут са „галебом“, отворио је пут даљим пројектима као што су лаки борбени авион „јастреб“ и партизански „крагуј“, који се одлично уклапао у тада важећу концепцију ОНОР и био инспириран искуствима у употреби авијације у ратовима у Југоисточној Азији педесетих и шездесетих година. О квалитету авиона Г-2 (приведено 248 комада) и „јастреба“ (202) најбоље говоре подаци

посвећен и упоран рад стручњака ВТИ, који су заједно са експертима многих предузећа ангажованих на пројекту бдели над развојем тог најсложенијег производа у земљи.

На основу успеха са „орлом“ врло брзо је уследио још већи успех са Г-4 „супергалебом“ који је практично искористио све оно најбоље из претходног пројекта и акумулирано знање и искуство пројектаната преточио у једну од најуспешнијих војних летелица код нас. У време када се појавио, Г-4 је, према мишљењу страних посматрача, био изузетно квалитетан авион за основну и напредну обуку и лаки борбени авион.



Галеб Г-2



Крагуј



Орав



Суйергалеб Г-4

Истовремено, освојена је и производња хеликоптера „газела“ по француској лиценци. У ДМБ-Раковица за тај хеликоптер освојена је и производња млазног мотора Астазу. Тај хеликоптер произвођен је масовно, а касније је развијена и његова борбена верзија за противолопну борбу – „гама“.

Такви резултати постигнути у златном периоду ваздухопловства на нашим просторима нису се могли замислити без снажне ваздухопловне индустрије у фабрикама „Соко“ – Мостар, „Утва“ – Панчево, „Прва петолетка“ – Трстеник, „Орав“ – Рајловац, ДМБ-Раковица, „Телеоптик“ – Земун и другим.



Газела – гама

Највећи помак у пројектантско-конструкторској мисли очекивао се на прелазу из осамдесетих у деведесете године, када је требало приступити дуго очекиваном и планираном пројекту – нови авион (НА). Пројект НА требало је да нашу ваздухопловну индустрију, у сарадњи са страним партнером, практично доведе до нивоа технологије какву је пропирала тада популарна западна ЕУРЕКА. То је подразумевало огроман технолошки скок на пољу нових материјала (нове легуре лаких метала, композитних пластичних материјала, нових технологија обликовања итд.), интегрисане дигиталне авионике, управљања са применом изражене статичке нестабилности, електричних команди, нових погонских група великог односа потисак-маса.

За пројектантско-конструкторску делатност у ВТИ-у изузетно је важно да је половином осамдесетих година први пут примењена нова CAD-CAM технологија, базирана на систему Computervision.

Због познатих догађаја из последње деценије прошлог века, НА никада није заживео и остао је као неостварени врхунац у непрекинутом успону који је трајао од завршетка Другог светског рата.

Почетком новог миленијума морали су се обновити људски и материјални ресурси у Војнотехничком институту (ВТИ) – у јединој пројектантској установи у нашој земљи која се бави развојем нових војних ваздухоплова.

Охрабрујуће резултате донео је успех школског клипноелисног авиона „ласта“, који се тренутно налази у фази производње петнаест авиона за ваздухопловство Србије у фабрици „Утва“ – Панчево, с тим да је већ испоручена серија

од двадесет авиона за ваздухопловство Ирака. Значајна новина на овом пројекту је и прва дигитализована кабина пројектована у ВТИ-у. За тај пројекат је карактеристично да је примењивана савремена CAD-CAM технологија у пројектовању ваздухопловних структура и система.

Такође, рачуна се и на коначни почетак модернизације авиона Г-4, чиме би се добила савремена летелица за прелазну обуку са ознаком Г-4МД (модернизовани, дигитализовани). На тај начин би се пилоти на једној економичној летелици и на савременој тренажерској опреми и виртуелним методама обучавали за употребу авионике и система наоружања каквим су опремљени данашњи вишенасменски борбени авиони прве линије.

Данас се у ВТИ-у, поред ваздухоплова, пројектују и беспилотне летелице, као што су систем-тактичке беспилотне летелице кратког долета са домаћим оптичким системом са дневном и ноћном камером и аутопилотом, развијеним у Србији. Поред тога, развија се и тактичка беспилотна летелица средњег долета, која би требало да оствари квалитивни скок.



Нереализовани пројекат новог авиона



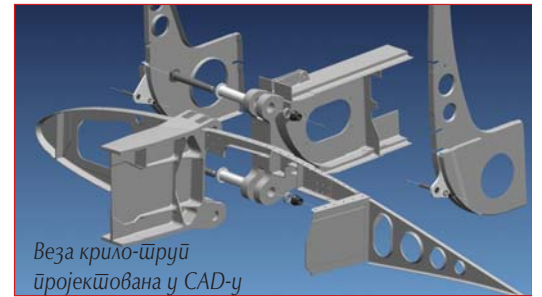
Ласта П2



Врабац



Пегаз



Веза крило-шрућ пројектована у CAD-у

ПРОИЗВОДЊА

О снази ваздухопловне индустрије осамдесетих година најбоље говори податак да се тада у нашим фабрика у истом тренутку производило пет значајних летелица, као што су серијска производња авиона „орав“, Г4, хеликоптера „газела“, авиона „јастреб“ за извоз и производња првог прототипа авиона „ласта 1“.

ВАЗДУХОПЛОВНИ ОПИТНИ ЦЕНТАР

У Ваздухопловном опитном центру (ВОЦ) су, после Другог светског рата, испитана 94 домаћа прототипа авиона, 60 страних и 35 једрилица, те велика количина ваздухопловног наоружања и опреме. ВОЦ је основан 1948, и следи традицију Ваздухопловне опитне групе из 1933. и Ваздухопловног техничког центра из 1945. године.

Теоријска аеродинамика

Први авиони који су полетели пре једног века дело су проналазача, храбрих људи, који су, иако без довољно познавања појава које су се дешавале око летелица, смело прокрчили пут новој ваздухопловниј техници. За почетак развоја ваздухопловства узима се лет браће Рајт 1903. године.

У почетку је све ишло теже и спорије док нису довољно проучени и постављени теоријски научни основи и закони

година, са и у свету скромном теоријском осномом и без сопствених испитних лабораторија (аеротунела), карактерише велик број пројеката. Неки су били успешни и увођени у серију (ИК-2, ИК-3, С-49А и С-49Ц), а било је и неуспешних који су завршавани током испитивања прототипа.

Формирањем Ваздухопловнотехничког института 1946. године настаје нова фаза развоја домаћег ваздухопловства. Оно постаје носилац напретка науке и технике. Конструкторска делатност била је у фабрикама авиона, а аеродинамичка испитивања обављала су се у аеротунелима најпре у иностранству, а затим у оним сопствене градње у Жаркову.

Аеродинамичка испитивања у лету свих авиона и једрилица из домаћег развоја водио је ВТИ. Од 1957. године Институт преузима и развојну и пројектантску делатност. Научним истраживањима, аеродинамичким испитивањима у сопственим аеротунелима и испитивањима у другим областима ваздухопловства развијају се домаћи авиони нове генерације – млазни двосед „галеб 2” (1961) и једносед „јастреб” (1963) са савременим ламинарним аеропродилом крила, као и јуришни клипноелисни авион „крагуј” (1962).

Све време у континуитету теку истраживања и усавршавања прорачунских и експерименталних метода у области аеродинамике, а изградњом великог подзвучног и малог крозвучно-надзвучног аеротунела стварају се услови за даљи напредак. Поред сопственог самосталнијег развоја, ВТИ се укључује и на међународном плану, кроз сарадњу са британском фирмом ВАС (British Aircraft Corporation) на развоју великог путничког авиона ВАС 3-11.

На бази стечених искуства започиње и развој авиона „орао” (1970) са квантичним укључењем и Румуније и самостални развој авиона „супергалеб” Г-4 (1974), са напредном аеродинамиком стреластих крила.

Развој аеродинамике уско је везан за напредак математике, механике флуида и термодинамике. До тог периода спољни облик ваздухоплова подешаван је сложеним методама приближавања, првенствено користећи парцијалне експерименталне податке. У последње време, развојем нумеричких метода и информатичке технологије, развијене су снажне методе математичке симулације

струјања ваздуха у свим условима, брзине, густине и температуре, с пратећим феноменима на бази метода и радова: Њутна, Даламбера, Лагранжа, Лапласа, Прантла, Жуковског, Карман-Трефта, Навијер-Стокса, Ојлера и других.

Применом савремених технологија и метода пројектовања, које се првенствено огледају у овладавању значајних софтверских пакета набављених из иностранства или проистеклих из сопственог развоја, уз сарадњу са развијеним земљама западне Европе, средином осамдесетих година започет је развој вишенаменског надзвучног борбеног авиона. Обезбеђењем неопходне лабораторијске подршке (надзвучни аеротунел Т-38, лабораторија за симулацију система управљања, за динамичка испитивања и др.) и интензивним научноистраживачким радом реализован је, заједно са француском фирмом „Марсел-Дасо”, програм реализације НА – авиона треће генерације.

Пред крај прошлог миленијума знатно су редуковани истраживачки, развојни и производни капацитети земље и ВТИ-а. Настављен је рад скромнијим кораком, а постигнути су значајни резултати, уведен је у серију школски клипноелисни авион „ласта” и развијају се беспилотне летелице.

На основу истраживања из области теоријске аеродинамике, резултата аеротунелских испитивања, испитивања у лету и овладавања информатичким технологијама, развијени су сопствени софтвери који обезбеђују довољно прецизне прорачунске податке теоријске аеродинамике и реално симулирају практичну проблематику из аеродинамике, везану за летне карактеристике, понашања авиона у лету, механику лета.

Садашње могућности прорачунске аеродинамике јесу: пројектовање ваздухоплова, прорачун аеродинамичких карактеристика објеката (летелице, ветрењаче, возила, грађевински објекти); пројектовање, израда и верификација система управљања покретних објеката; пројектовање и израда симулатора; софтвер за симулацију, визуелизацију и мониторинг путања објеката; прорачун аеродинамичких оптерећења летелица и других објеката; симулација свих врста струјања око објеката; прорачун сопствених осцилација и одзива; мерења и анализе вибрација и експериментална модална анализа објеката.

Уз расположиву лабораторијску подршку данас могу из наведених области да се реализују верификациона, наменска истраживачка и развојна испитивања.



аеродинамике, који су конструкторима дали могућност реалнијих предвиђања и прорачуна. До тог периода градње авиона нису вршени прорачуни чврстоће, због непознавања сила које дејствују на ваздухоплов током лета. Авиони су били тежки и неокретни.

У савременој ваздухопловној техници заступљене су све гране науке. Најважнија, односно основна грана ваздухопловства јесте аеродинамика која се бави изучавањем струјања и оптерећења која делују на ваздухоплов. Развојем теоријске аеродинамике обезбеђује се усавршавање спољашњег облика ваздухоплова, смањивање њихове тежине и повећање перформанси.

Са сваким решењем појединих битних аеродинамичких проблема постали су наглији и скокови у перформансама ваздухоплова.

У почетном пројектантском периоду авиона и једрилица, до Другог светског рата, аеродинамички прорачуни били су базирани на парцијалним резултатима испитивања и искуству, верификовани на моделима који су испитивани у аеротунелима у иностранству, најчешће у аеротунелу Ајфел у Паризу и испитивањима у лету. Ваздухопловни кадар школован је у иностранству, а од 1937. на ваздухопловној групи Машинског факултета у Београду. Тај и такав период до краја педесетих

Чврстоћа авиона

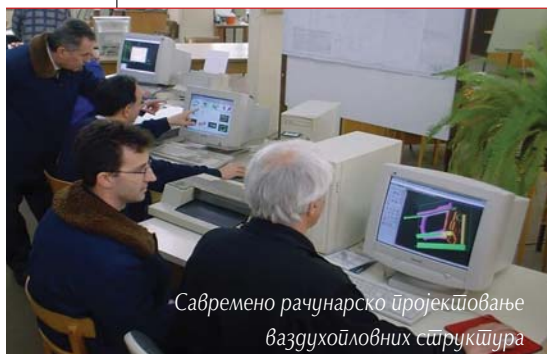
Приликом пројектовања летелица примарни захтев је минимизација масе структуре, уз задовољење захтева чврстоће и крутости, као и укупног века конструкције. Минимизација масе структуре постигнута је коришћењем савремених метода прорачуна чврстоће на бази нумеричке структуралне анализе и оптимизације масе структу-



Изградња сендвич конструкције панела ојлаше крила прототипа авиона „орав“



Рад на шабли некад



Савремено рачунарско пројектовање ваздухопловних структура

ре авиона. За ту сврху у ВТИ-у су развијене конвенционалне методе прорачуна чврстоће, као и савремене нумеричке симулације на бази методе коначних елемената (МКЕ), како за анализе чврстоће, тако и за пројектовање конструкције са аспекта чврстоће на замор. Применом МКЕ, поред одређивања напонског стања и померања, извршена је и анализа губитка стабилности, односно, прецизно су одређени нивои оптерећења при којима се јавља губитак локалне и глобалне стабилности структуре авиона, као и заморни век конструкције.

Да би се обезбедила неопходна чврстоћа структуре авиона виталне везе су димензиониране на бази „допустивих оштећења“ у складу са MIL нормама.

Ради верификације метода прорачуна чврстоће врши се експериментална верификација чврстоће структуре, чиме се верификује концепт и приступ који се заснива на поддимензионирању структуре. Како би се скратио период који се односи на минималну експерименталну верификацију чврстоће виталних склопова авиона, који се захтевају пре првог лета, у ВТИ-у се врше нумеричке симулације понашања кључних склопова, као и одређена експериментална верификација на комплексним епруветама. То своди на минимум број склопова који се испитују пре првог лета, чиме се не задржава први лет прототипа.

Савремене методе прорачуна чврстоће, које се заснивају на нумеричким симулацијама понашања, за анализе напонских стања и за процене заморног века авионских конструкција при општем спектру оптерећења, јесу методе које ВТИ користи, како за ефикасне и поуздане прорачуне чврстоће нових летелица, тако и за процене преосталог века летелица које су дуго година у експлоатацији. Поред савремених софтверских пакета на бази МКЕ као и „in-house“ софтвера за процену заморног века до појаве иницијалних оштећења тако и у присуству оштећења, ВТИ користи сопствена лабораторијска испитивања за одређивање статичких, динамичких и карактеристика

на замор материјала, какав захтевају предметни софтвери. Тако су омогућени прорачуни чврстоће сложених авионских конструкција од металних и од композитних материјала.



Изглед машински фрезованог панела интегралне ојлаше из јлочевина и дела околне структуре

Конструкција летелица

Конструкциона решења и материјали од којих су израђивани змајеви авиона током година развоја ваздухопловства у Србији пратили су светске трендове у тој области, а били су прилагођени и могућностима домаће ваздухопловне индустрије – у почетку појединачних радионица, а касније и ваздухопловних фабрика. Најпре су то биле конструкције израђене од дрвета, метала и платна, које је прекривало дрвено-металну конструкцију.

Временом се искуство у познавању и одржавању ваздухопловних конструкција стицало и проширивало током тешког периода у Првом светском рату, када је српско ваздухопловство користило француске авионе у борбеним условима. Први депо (претеча ремонтног завода за авионе), организован у близини Солуна током припрема за пробој солунског фронта, имао је задатак да обавља поправке и ревизије авиона и мотора. Ваздухопловни депо био је својеврстан школски центар за српско техничко особље.

Непосредно после Првог светског рата српско ваздухопловство се, углавном, ослањало на француску, а затим и енглеску, немачку и италијанску ваздухопловну технику и авионе. Производња лиценцираних и касније домаћих

авиона, који су били углавном дрвене конструкције, могла је успешно да се организује на занатски начин, а без ангажовања већег државног капитала и ослонца на прилично неразвијени индустријски потенцијал земље.

У том периоду први пројектовани и произведени авиони (у „Икарусу“ у Новом Саду) били су умањене копије страних авиона. Али, и то је било довољно да се стекне самопоуздање у сопствена пројектантска и производна знања.

Значајан напредак у производњи ваздухоплова десио се отварањем фабрике „Икарус“ у Земуну која је организована по, тада, најсавременијим моделима ваздухопловних фабрика у Европи за серијску производњу авиона. Након краће кризе, због мањих поруџбина нових авиона, услед тешке економске ситуације у земљи, непосредно пред Други светски рат држава је од домаћих пројектаната и фабрика поручила већи број авиона металне или мешовите конструкције. Домаће пројектантске групе и произвођачи спремно су одговорили пројектовањем и производњом великог броја различитих авиона. Изван број домаћих фабрика понудио је ваздухопловним фабрикама репро-материјал за израду авиона у виду авиошпера, алуминијумских лимова и других ваздухопловних материјала.

Током Другог светског рата велики део ресурса

домаће ваздухопловне индустрије је или уништен бомбардовањем савезника или развлачењем имовине фабрика током повлачења окупатора. Одређен број искусних и стручних ваздухопловних радника страдао је током Другог светског рата. На срећу, добар део ваздухопловних конструктура и радника преживео је рат и они су били основа за обнову и отпочињање новог периода у развоју домаће ваздухопловне индустрије.

Први авиони након Другог светског рата који су произведени у домаћим фабрикама резултат су знања и труда домаћих конструктора организованих у више различитих пројектантских група. У почетку то су били ваздухоплови мешовите конструкције, а касније потпуно металне конструкције, и то спортско-туристички, школски и тренажни двоседи или вишеседи.

Потпуно нови приступ пројектовању ваздухопловних конструкција десио са оснивањем Ваздухопловнотехничког института. Оснивањем и развојем специјализованих лабораторија за испитивање ваздухопловних конструкција и материјала, као и пројектантских бироа у које су пристигли искусни инжењери и техничари, са богатим искуством на раније реализованим пројектима, стечена је добра основа да нови пројекти буду у складу са светским достигнућима. Нови пројекти су омогућили да се и фабрике ваздухопловне индустрије уздигну изнад предратног технолошког нивоа.

Постепено су освајане нове технологије у пројектовању и производњи

израда и заптивање интегралних резервоара горива (смештених у примарној конструкцији авиона), нумеричка контрола израђених делова помоћу савремених мерних уређаја, спајање нерастављивим титанијумским везним елементима (lock bolts), итд.

Нови приступ пројектовању помоћу рачунара и производњи коришћењем савремених технологија омогућио је да су нове ваздухопловне конструкције, које су производ домаћег знања и рада, оптимизиране са становишта масе и облика, времена и начина израде, избора и ефективности носивости конструкционог материјала.

Развој мотора, стајних трапова и хидроинсталација

У оквиру развоја домаћег ваздухопловства у периоду од Другог светског рата погонске групе су куповане у иностранству, али је забележен равој и чисто домаћег пропулзора. Клипни мотори за гаму ваздухоплова, које је развила фабрика „Утва“, набављани су на Западу са посебним ослонцем на фирму „Lycoming“. Општа оправка тих мотора и њихово одржавање освојени су у земљи, тако да смо у том погледу били независни од страног утицаја. У Београду је основана и фабрика авионских мотора Влајковић-Walter, која је мото-

ре израђивала лиценчно за домаћу производњу ваздухоплова.

Врхунац развоја клипних мотора био је по завршетку Другог светског рата, али је технолошки њихово усавшавање настављено новим системима убризгавања горива (инјекторски тип). У новије време развијени су авионски дизел мотори, али њихов степен поузданости рада није задовољавајући. При куповини пропулзора за нове про-

ЛАКИ ЗА ГРАДЊУ

Први авиони израђивани у приватним радионицама ваздухопловних ентузијаста били су таквог облика, материјала конструкције и намене да су се напорима појединачно релативно лако градили или реконструисали, након тада честих незгода.

КРАЉЕВАЧКА ФАБРИКА

Прва фабрика за израду авиона металне конструкције основана је у Краљеву. Неколико стотина лиценчно произведених авиона металне конструкције изашло је из те фабрике, а мањи број извезен је у иностранство.

конструкција, као што су: машинско нумеричко фрезовање глодалицом интегралних оплата из плочевина, хемијско нагривање, сачмарење (Shot Peening), контурно серијско исецање на нумерички управљивој глодалици, обликовање и израда акрилних стакала кабина, израда савремених композитних и сафастих конструкција, рачунарско пројектовање, интеграција рачунарског пројектовања и производње,

јекте водило се рачуна о новим трендовима у развоју клипних мотора.

Млазна авијација се код нас појавила педесетих година и била је западног порекла. Увођење ових новина довело је до значајног технолошког скока и повећања нивоа знања у пројектовању и одржавању ваздухоплова. На основу новостечених знања и искустава пројектована је и изведена гама домаћих млазних авиона, а њихове погонске групе обезбеђене лиценцом производњом. Освојени су сви модули и агрегати ових млазних мотора. Истовремено, на источном тржишту купљени су ловци високих перформанси за чије пропулзоре је освојено одржавање до високог нивоа опште оправке. То је поновљено при куповини ловца новије генерације. За пројекат новог надзвучног вишенаменског авиона разматрани су многи мотори најновије генерације, углавном западног порекла.

Може се закључити да су, иако нисмо имали властито развијене пропулзоре за домаће ваздухоплове, лиценцна производња мотора, њихово текуће одржавање и њихов ремонт омогућили да пратимо савремене трендове пропулзије у свету и одржимо стечено знање у тој области.

Пројектовање и производња стајних трапова и хидроинсталација за домаће авиона после Другог светског рата везани су за фабрику „Прва петолетка“ у Трстенику, која је основана 1949. године у оквиру развоја послератне војне индустрије. „Прва петолетка“ је, након оснивања, у сарадњи са Ваздухопловнотехничким институтом, пројектовала и произвела прве стајне трапове и хидроинсталације и то за авионе: школски авион 212 дрвене конструкције, 213 дрвено-металне конструкције и авион ловац С-49Ц металне конструкције.

Стајни трапови школских авиона 212 и 213 имали су увлачеће главне ноге и неувлачив репни чок. Главне ноге биле су телескопског типа са уљно-гасним амортизером и хидрауличком диск кочницом, а репна нога полужног типа такође са уљно-гасним амортизером. У истом периоду произведен је и испитан стајни трап за авион С-49Ц,

Главне ноге су се увлачиле у крило, телескопског типа са уљно-гасним амортизером. Репна нога била је полужног типа, слична на авиону 213. Након тога, пројектован је и произведен стајни трап и хидроинсталација за двомоторни транспортно-путнички авион 214. Главне ноге биле су решеткастог типа са два телескопска амортизера које су се увлачиле у моторске гондоле. Реп-

на нога полужног типа увлачила се у задњи део трупа.

Стајни трап за авион „курир“, који је затим развијен, био је неувлачећи, а главна нога била је једноставне конструкције типа пирамида са уљно-гасним амортизером и диск кочницом. За школски авион металне конструкције 522 пројектован је стајни трап чије су се главне ноге увлачиле у крило и биле телескопског типа, а репна нога полужног типа била је неувлачива. Стајни трап за школски авион „аеро 3“ био је неувлачећи са главним ногама телескопског типа и репном ногом полужног типа.

У наредном периоду пројектовани су и произведени стајни трапови за авион „крагуј“ и млазне авионе „галеб“ и „јастреб“. „Крагуј“ је имао неувлачећи стајни трап чије су главне ноге биле телескопског типа и опремљене диск кочницама, док је репна нога била полужног типа. Стајни трап за авионе „галеб“ и „јастреб“ био је увлачећи и први је стајни трап типа трицикл, односно стајни трап који има носну ногу. Главне ноге су полужног типа са одвојеним, слободним амортизером и имале су диск кочнице. Носна нога је, такође, била полужног типа и снаб-



Моторски
тростор
авиона
„јастреб“



Мотор
Lycoming на
авиону
„ластива“

ДВА ПЕРИОДА

Пројектовање и производња стајних трапова и хидроинсталација уграђених на домаће авионе одвијало се у два развојна периода. Први обухвата почетну фазу развоја, коју карактеришу једноставнији стајни трапови са репним чокком. Главне ноге биле су телескопског типа, увлачиве или неувлачиве, а репна нога полужног типа. Хидроинсталације су имале хидрауличка кола за увлачење и извлачење стајног трапа и закрилаца и одвојено коло за кочнице чоккова. Притисак у хидрауличкој инсталацији износио је 50 до 60 бара.

Други период је карактеристичан по диспозицији стајног трапа са носном ногом, односно стајним трапом типа трицикл. Ти трапови углавном су полужног типа са слободним амортизером, што има предности при одржавању авиона. Код хидрауличких инсталација повећаван је број хидрауличких кола и при томе су повећавани радни притисци (210 бара код авиона „орао“ и Г-4). У оквиру развоја надзвучног авиона планирано је повећање притисака на 280 бара ради.

двена са уређајем за пригушење „шми“ осцилација. Стајни трап за те авионе обезбеђивао је полетање и слетање на неприпремљене терене.

Седамдесетих година су пројектовани стајни трапови за млазне авионе „орао“ и Г-4 „супергалеб“, као и за клипни „утва-75“. „Орао“ је имао увлачив стајни трап типа трицикл са два точка на главним ногама. Носна нога била је хидраулички управљана, а све ноге имале су двокоморне уљно-гасне амортизере. Хидраулички систем са



Главна нога авиона „орао“

радним притиском 210 бара сачињавала су три система за напајање: основни систем, систем за напајање команди лета и помоћни систем за напајање команди лета (који се састојао од следећих хидрауличких кола: за покретање хоризонталног и вертикалног репа, крилаца и кочишног падобрана као и за погон закрилаца, предкрилаца, аеродинамичких кочница, управљање носном ногом, увлачење и извлачење стајног трапа и кочница точкава).

Авион Г-4 „супергалеб“ има хидраулички увлачив стајни трап типа трицикл са уљно-гасним амортизерима на свакој ноzi. Хидраулички систем је двоструки систем са радним притиском 210 бара и служи за покретање команди лета, увлачење и извлачење стајног трапа, закрилаца, аеродинамичких кочница и кочење точкава, а садржи и помоћни систем за напајање команди лета.

Осамдесетих година је пројектован стајни трап за авион „ласта 1“ (прва „ласта“), који је био хидраулички увлачив типа трицикл са уљно-гасним амортизерима на свакој ноzi и главним ногама телескопског типа. Хидраулички систем са радним притиском од 80 бара користио се за увлачење и извлачење стајног трапа и закрилаца, као и кочење точкава. Након тога, развијен је још стајни трап за авион „ласта“ (почетни назив био је „ласта 95“), који има хидраулички увлачив стајни трап типа трицикл са уљно-гасним амортизерима на свакој ноzi са главним ногама полужног типа и слободним амортизером. Хидраулички си-



Носна нога авиона „ласта“

ба за хидрауличким колом за увлачење и извлачење стајног трапа, а даљим развојем и за осталим хидрауличким колима. Порастом величине и брзине авиона постала је неопходна примена хидрауличке инсталација у области команди лета.

Основни захтев који се поставља пред стајни трап и хидроинсталацију је сигурност функционисања уз што мању масу и димензије, па се посебна пажња



„Петшестељкини“ стајни трапови за домаће авионе

тем радног притиска 120 бара користи се за увлачење и извлачење стајног трапа и кочење точкава.

Развој авиона праћен је повећањем примене хидраулике, односно повећавањем броја хидрауличких кола и развојем хидроинсталација. Док су у почетку стајни трапови били неувлачиви, хидраулична инсталација се састојала само од хидрауличног кола за кочење точкава. Пројектовањем увлачивих стајних трапова указала се потре-

поклања пројектовању, прорачуну, производњи и испитивању ових система и њихових компоненти. Веома важну улогу у развоју имају хомологациона испитивања прототипова, испитивања чврстоће, те испитивања у лету. Технички захтеви за пројектовање и програми за испитивања одређени су на бази међународних ваздухопловних прописа као што су FAR, JAR, AP 970 и осталих који се примењују за пројектовање, производњу и испитивање.

КОМАНДЕ АВИОНА

У области команди авиона пређен је пут од класичних крутих команди на бази клацкалица, полуга и ужади до система електричних команди, где је пренос од пилотске команде (папуче) до извршног органа (електросервопокретача) ишао електричним каблом. Развијан је низ уређаја који су служили побољшању стабилности и управљивости, промени преносног односа у командном систему, као и извршни орагани који су покретали командну површину типа електро-покретача, хидропокретача или електрохидропокретача.

Инсталација горива

У пројектантском смислу, од инсталације горива која је мотор погонском материјом (горивом) слободним падом, дошло се до инсталације која омогућава безбедан лет авиона у свим еволуцијама и преоптерећењима. Значајан пробој у пројектовању резервоарских простора остварен је на авиону „орао“, где се гориво смештало у шест резервоара, гумени у трупу и два интегрална у структури крила.

Велики технолошки напредак представљало је освајање технологија израде интегралних резервоара горива (гориво је смештено у одговарајуће делове структуре авиона – крила). Крила су изведена сложеним раванским машинским фрезовањем, а затим су обликована и доведена на теоријску контуру. На тај начин знатно је смањен потенцијал цурења резервоара. Сви спојеви унутар интегралних резервоара у крилу премазани су специјалним заптивним смешама ради остваривања непропусности.

У изради гумених резервоара такође је остварен значајан напредак, а њихова производња је освојена у домаћим фабрикама за школске и борбене авионе („орао“, Г-4 и МиГ-21) и хеликоптере (Ми-8). Гумени резервоари на „орлу“ испуњени су специјалном шупљикавом материјом, која је држала форму резервоара и спречавало ширења ударног таласа у случају да резервоар буде погођен непријатељском ватром.

Квалитативан скок доживела је и горивна инсталација, која је морала да транспортује гориво из шест резервоара, да га сакупља у колекторском простору, а затим дистрибуира на два мотора. Врло сложен задатак редоследног пражњења резервоара и одржавање тежишта авиона у оквиру задате плаже центраже веома је успешно остварен. То богато искуство затим је успешно пренето и на авион Г4.

Класична инструментиска табла авиона „ласта П1“



ка – PFD (Primary Flight Display). Инструменти испод самог приказивача имају резервну функцију за случај неког отказа.

Поред тога, моторски инструменти замењени су уређајем за приказивање и праћење моторских параметара. Сходно наведеном, у авионима „ласта“ дизајнирана је такозвана полустаклена кабина с приказивачима на бази течних кристала.

Развијен је низ уређаја инсталације горива, попут млазне пумпе, неповратних вентила, вентила за леђни лет... Посебан напредак остварен је и у начину спајања елемената инсталације горива – од гумених црева до металних проводника горива.

Инструменти

Ради безбедности лета пилот мора да зна положај авиона у простору, летне податке као што су висина и брзина, односно, у сваком тренутку мора имати преглед ситуације. У авионима старије генерације те пилотажне податке пилот је могао прочитати на класичним инструментима, који су по стандару постављени у тачно одређеном распореду, познатом под именом Т-распоред и на тачно одређеном месту на инструмент-табли.

Класични аналогни моторски инструменти уграђују се на десну инструмент-таблу.

С развојем технологије класични инструменти замењују се приказивачима са равним панелима на бази течних кристала. Тако су на авиону „ласта“ класични пилотажни инструменти замењени приказивачем летних подата-



Полустаклена кабина „ласте“ први пут изведена у Србији

Тренд замене класичних инструментних приказивачима са равним панелима опште је прихваћен у пројектовању савремених авиона. Класични инструменти замењени су приказивањем летних и моторских података на вишенаменим колор приказивачима на бази течних кристала.

Електроопрема и авионика

Током времена пред пројектанте су постављани све већи захтеви у погледу обезбеђења појединих функција, што је било праћено уградњом све сложеније и бројније опреме. Међу-

собно повезивање такве опреме било је компликовано и захтеvalo је уградњу великог броја каблова, што је повећавало укупну масу и водило ка комплексном одржавању и откривању отказа. Решење је пронађено у интеграцији електро и електронске опреме (авионика) у јединствен систем посредством магистрала података. У овом делу указано је на правце у избору и интеграцији савремене електро/електронске опреме.

Електроопрема и инсталација ваздухоплова по својој природи мора садржати склопове везане за производњу и дистрибуцију електричне енергије који су стандардни. Ипак, напретком технологије и ту су постигнута побољшања.

Пример таквог склопа јесте интегрисани блок за напајање. Тај електроблок намењен је за употребу на авионима предвиђеним за системе напајања 14 или 28 V. У њему су интегрисани сви елементи неопходни у систему за напајање авиона, чиме је постигнута већа поузданост, боља интеграција, мања маса и цена, те једноставнија уградња и одржавање. У том блоку интегрисани су: контактор акумулатора, три магистрале напајања са осигурачима, прикључак спољњег извора са контактором, контактор за

стартовање мотора, шест амперметра, регулатор напона, пренапонска заштита, излази за индикацију поднапона, преоптерећења и обрнутог поларитета.

Контактори и релеји са соленоидом мењају се „solid state“ елементима, а нови системи за стартовање мотора омогућавају сигуран старт у свим условима рада.

У домену спољњег и унутрашњег осветљења авиона такође се примењују нове технологије. Класичне светиљке са ужареном нити, халогене и ксенонске, све чешће се замењују LED (Light Emitting Diode) осветљењем.

Већ скоро две деценије користи се нови концепт повезивања авионике – интегрисана модулarna авионика – IMA (Integrated Modular Avionics). До данас је та дефиниција коришћена за многе инсталације на новим типовима летелица.

Традиционални начин повезивања уређаја на авиону може да се означи као федерални, где сваку функцију представља самостална композиција сензора, процесорских јединица и покретача. Генерално, подаци се не размењују између различитих функција. И у 20. веку види се да је простор за опрему на авионима испуњен одређеним уређајима или „кутијама“ са по једном или више одређених функција у свакој – на пример, инерцијални навигациони систем, аутопилот, комуникациони систем, итд.

За одређене функције постоје одређени уређаји као што су: модулarnи рачунар мисије MC, приказивач HUD са колор камером CHVC, систем HOTAS, вишенаменски управљачки панели UFCP, вишенаменски колор приказивачи MFCD, инерцијални навигациони систем-INS/GPS, рачунар ваздушних података ADC, радио-висиномер RA, систем за идентификацију, IFF са управљачким панелом, радио-станице VHF/UHF, систем за радио-навигацију и инструментално слетање VOR/ILS и уређај за мерење косог растојања DME, радио-компас ADF, приказивач RMI, аудио-систем AS, регистратор летних података FDR, уређај дигиталне мапе DMU, независни резервни летни приказивачки систем BFI, уређаји за приказивање параметара моторске групе и други. За те архитектуре карактеристично је да сваки систем има своје интерфејсе ка сензорима, покретачима или приказивачима. Унутар уређаја обезбеђују се функција или функције.

Највише има интерфејса за сигнале типа ARINC 429 и одређених аналогних и дискретних сигнала. Недостатак таквог начина повезивања је да сваки уређај има одређену функцију са за то посебно развијеним хардвером и софтвером. Сваки систем је мање-више развијен од почетка, без могућности поновног технолошког коришћења – технолошким застаривањем уређај се пројектује од почетка. Посебан проблем јесте технолошка застарелост хардверских компоненти. Други значајан недостатак јесте пораст масе и потрошње, где сваки уређај има заштиту од утицаја околине и нераздвојиву снагу дисипације. Систем није заменив, па су техничко одржавање и замена резервних делова неефикасни.

Модерни системи авионике данас имају висок ниво интеграције. Подаци са сензора размењују се – деле између више система. О избору авионике одлучује произвођач–снабдевач опреме како би обезбедио систем-интегратору интеграцију модулarnих система авионике. Централни уређај те архитектуре јесте рачунар мисије који чине неколико модула одређених функција, попут модула за рачунаре мисија, мапе, графика за приказиваче, за управљање летом, аутопилот... Ти линијски



Фар и такси светло на „ласци“

ОСВЕТЉАВАЊЕ

LED светла имају многе предности над класичним: знатно мању потрошњу, мању масу, већу поузданост и мање су захтевна за одржавање. Користе се на свим позицијама: навигациона, позициона, антиколизиона, подtrupна, надtrupна, за слетање и таксирање. Такође, користе се за унутрашње осветљење кабине и осветљење инструментата.

заменљиви модули – LRM (Line Replaceable Module) развијени су према међународно усвојеним стандардима и протоколима – цивилним, војним или њиховом комбинацијом.

Да би се поједноставило одржавање и подигао ниво поузданости и смањио ризик од хардверске застарелости модули имају стандардне физичке улазе и излазе који су подешени унутар кућишта, а који су у већини случајева линијски заменљиви. Предност архитектуре са интегрисаним модулима јесте унутрашња подела функција којима се поједностављује процес провере и добијања сертификата за дати уређај. Још једна значајна особина јесте коришћење дигиталних магистрала за авионику као што су ARINC-659, ARINC-629, MIL-STD-1553B и друге сличне магистрале.

Тренд даљег развоја архитектуре авионике иде у правцу примене компјутера опште намене за авионику, који се дефинишу као платформе. Сама платформа не обезбеђује ниједну функцију за авионику, али обезбеђује комуникације, прорачун и меморијске ресурсе за апликативне програме (софтвер). Ниво технолошког развоја персоналних рачунара довољан је као основа за платформе на авионима, јер обезбеђује захтеване ресурсе (хардвер, комуникације, меморију и подршку оперативног система) за апликације. Софтверско језгро-нуклеус унутар платформе обезбеђује поделу на функције које могу да се дистрибуирају кроз архитектуру. Платформе су дигитални модули или јединице опште намене са стандардним улазно-изла-

зним интерфејсима. Проток података кроз архитектуру може да се оствари преко мрежа за пренос података као што је Ethernet AFDX (Avionics Full Duplex Switched).

Како се још увек користе постојећи произведени уређаји са одређеним излазима и протоколима, да би се остварио проток података кроз мрежу прекидача између уређаја или сензора, потребно је податке са сензора и уређаја трансформисати у податке по протоколу који је дефинисан за мрежу података.

Кисеонички систем

На нашим авионима старије генерације (типа „галеб“ и „јастреб“) уграђиван је систем гасовитог кисеоника под ниским притиском. Авионске кисеоничке боце пуниле су се под притиском од 25 бара. Ради повећања акционог радијуса летелице, примењен је кисеонички систем високог притиска (на „орлу“ и Г-4). Авионске кисеоничке боце се пуне под притиском од 120 бара. Ризик повећања акционог радијуса летелице подизањем притиска у авионским боцама са кисеоником (на 120 бара) није могуће елиминисати техничким решењем које би и са становишта осталих перформанси летелице било оптимално. Високе концентрације чистог кисеоника, независно од тренутног агрегатног стања или притиска кисеоника, саме по себи су изузетно опасне.

У савремено опремљеним авионима уграђен је систем који непосредно на авиону генерише кисеоник – ОВОГС (On Board Oxygen Generation

System). Предности преласка на ОВОГС систем јесу у повећаној безбедности на земљи и у ваздуху (самим тим и повећаној борбеној живавости летелице), акциони радијус више није ограничен са становишта попуне, односно, потреба посаде за кисеоником, побољшању квалитета смеше за удицање и смањеном обиму манипулисања кисеоником у базама и на аеродромима. Главна предност овог концепта за обезбеђење респираторних функција посаде јесте у чињеници да се њиме своди на минимум ризик од експлозије, пожара и аерозагађења током опслуживања летелице или за време извршења задатка.



Први српски наоружани авион из 1915.

Наоружање

Почетак српског ваздухопловства везан је за Први светски рат, када су оформљене Прва и Друга ескадрила 1916. године. Први српски наоружани авион „олуј“ потиче из 1915. године. На њему се уочава зглобна монтажа пешадијског митраљеза којим је руко-



вао нишанција иза пилота. Авион се користио за мисије извиђања, а митраљез је служио првенствено за заштиту од непријатељских авиона. Иако је митраљез пешадијски, имао је задовољавајући učinak, јер су авиони имали мале брзине и били дрвене конструкције, пресвучени платном.

Између два светска рата Краљевина Југославија успоставља респекта-

ПРЕДНОСТИ

Применом ОВОГС концепције, засноване на молекуларним ситима као генераторима смеше за дисање, добија се на безбедности, ефикасности, аутономности и економичности експлоатације, јер: током опслуживања летелице на стајанци нема потребе за попуном кисеоника (евентуално, по потреби, само замена боце било „помоћног“ било „резервног“ подсистема); квалитет смеше коју посада удише током задатка је вишег нивоа; знатно је увећан степен „живавости“ летелице; време међулетног опслуживања и акциони радијус нису ограничени са становишта попуне кисеоником; манипулација и потрошња гасовитог кисеоника под високим притиском драстично се смањује на нивоу базе, а тиме и трошкови и могућност појаве нежељених догађаја, те не захтева додатну опрему за опслуживање летелице.



Класичне авио-бомбе:
1-свежањ авио бомби РАБ-16,
2 – ФАБ-100, 3 – ФАБ 250

билну ваздухопловну индустрију и производи сопствене борбене авионе, што, међутим, није био случај и са ваздухопловним наоружањем. Куповало се у иностранству, углавном од савезничких држава, а уградња је вршена у домаћим фабрикама. Авиони Краљевине Југославије били су наоружани ваздухопловним митраљезима Browning FN 7,9 mm и Browning FN 13,2 mm, односно ваздухопловним топовима Oerlikon 20 mm и Hispano-Suiza-404, 20 mm.

Домаћи развој ваздухопловног наоружања добио је на замаху након Другог светског рата, када је основан Ваздухопловнотехнички институт (1946), односно Војнотехнички институт (1948) у Београду. Почетак карактерише развој класичних авио-бомби, са слободним балистичким падом које носе авиони домаће производње „крагуј“, „галеб Г-2“, „орао“, „галеб Г-4“ и данас „ласта“.

Све већа ефикасност система ПВО смањује време преживљавања авиона који напада циљ, па су развијене кочене авио-бомбе (ФАБ-100, ФАБ-250 и ФАБ-275), које омогућавају авиону да напада изненада из бришућег лета са висина мањих од 100 m и да у што краћем року напусти рејон циља. Систем за кочење успорава авио-бомбу на путању, како би се одложио тренутак експлозије, и авион довољно одмакао од циља како га експлозија сопствене бомбе не би оборила. Комплетиран је домаћи развој кочених авио-бомби, што је подразумевало развој фамилије уређаја за кочење (УКБ-100, УКБ-250, УКБ-275) и упаљача АУФК-М91 и УПБ-М91.

Упаљачи за кочене авио-бомбе су сложене конструкције, мешовите структуре, и садрже механички, пиро-

технички, електронски и, по потреби, оптички блок. Непосредно пре одбацивања авио-бомбе електронски блок упаљача се напада

стема ПВО, тако да је надметање не престало. Данас су захтеви још сложенији; тежи се да авион избегне дomet система ПВО, а да се задржи или чак повећа прецизност ваздухопловног оружја. Зато се развијају вођена оружја (терминално вођена, самонавођена). У току је развој ласерски вођене бомбе која би требало да задовољи потребе српског војног ваздухопловства и да се евентуално понуди на тржишту.

Пожељно је, зависно од сврхе мисије, да летелица која напада циљ понесе са собом што више убојних средстава, те се уведу шестоструке линије подвешавања ваздухопловног наоружања. Да би се повећала могућност ношења, развијени су, осим стандардних носача наоружања, и скупни носачи авио-



Ласерски вођена бомба ЛВБ-250Ф

електричном енергијом са авиона и након одбацивања упаљач преузима на себе управљање ланцем догађаја који следе: отварање падобрана у задатом тренутку, армирање, мерење даљине од циља и иницирање експлозије авио-бомбе у задатом тренутку. Додатно су снабдевени функцијом самоликвидације, која се активира уколико изостане главна експлозија.

Развој технологије доприноси усавршавању борбених летелица упоредо са усавршавањем си-

бомби, односно проширени су носачи наоружања на хеликоптерима како би се повећао асортиман наоружања.



Подвесни контејнер митраљеза на „ласту“

ТРЕНД – ВОЂЕНЕ РАКЕТЕ

Развој ваздухопловног ракетног наоружања био је у почетку базиран на невођеним ракетама калибра 57 mm, 128 mm и 260 mm са кумулативним и тренутно-распрскавајућим бојевим главама. Упоредо су развијени и лансери за те ракете, при чему су се разликовали по конструкцији, у зависности од тога која летелица га носи – авион или хеликоптер.

Светски тренд је да се невођена средства замењују вођеним, што је резултирало развојем домаћих вођених ракета „муња“, „гром-А“ и последње „гром-Б“, чији је развој практично завршен.



„Гром Б“ на хеликоптеру Ми-17

Како су савремене тежње да борбени авиони буду што универзалнији (за разноврсне мисије), то се напушта концепција интеграције ваздухопловног стрељачког наоружања са трупом авиона, која је наслеђена из Другог светског рата. Данас се ваздухопловно стрељачко наоружање смешта у контејнере и модуларно поставља на стандардне линије наоружања авиона. На тај начин тактичар који планира мисију има на располагању максималан асортиман ваздухопловног наоружања и могућност да максимално искористи носивост авиона оптималним избором наоружања, а да све то буде у сврси задате мисије.

Може се закључити да Србија данас, узевши у обзир наслеђе и традицију, настоји да у оквиру својих могућности одржава трендове развоја савременог ваздухопловног наоружања. Доказ за то су међународни уговори о испоруци, те врсте наоружања које је развијено и произведено у Србији.

Аеродинамички тунели

Пројектовање савремених летелица тражи све више експерименталних података добијених у аеродинамичким тунелима, како би се добио оптимум у погледу аеродинамичког облика, перформанси, стабилности, вођењу и управљању. Зато се пуно улаже у изградњу нових аеротунелских постројења различитих величина и типова, те модернизацију

опреме, која се користи за те намене, како би се експериментима добили што тачнији и поузданији резултати.

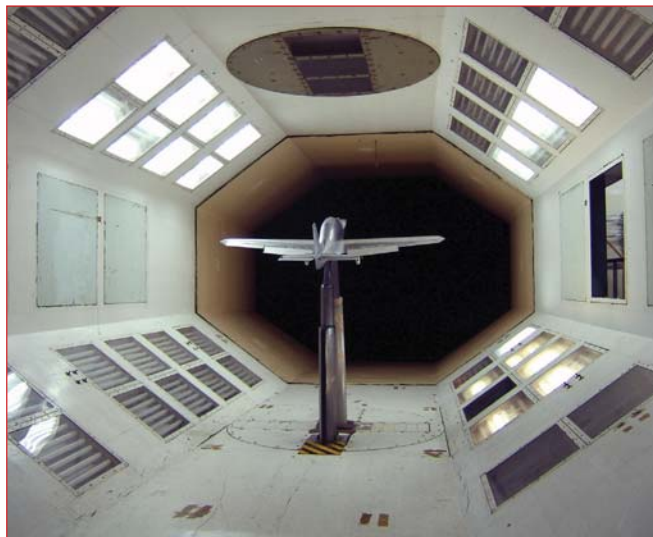
Основна делатност запослених у аеродинамичким тунелима у Војнотехничком институту јесте подршка у фази пројектовања авиона, ракета и осталих летелица нашег ваздухопловства. Подршка се огледа у

пројектовању, изради и испитивању модела авиона, ракета и осталих летелица у аеро-тунелима, а ради одређивања њихових аеродинамичких карактеристика.

У оквиру Војнотехничког института налази се пет аеро-тунела и један воденокавитациони, радионица за израду модела и мерне опреме и лабораторија за мерење просторних облика и дужина. На врху тог комплекса је аеро-тунел Т-38. Конципиран је за потребе развоја авиона и ракетних система наших оружаних снага. Аеро-тунел је опремљен различитом

мерном и рачунарском опремом неопходном за извођење стандардних испитивања у области експерименталне аеродинамике.

Иначе, разлог за изградњу свих аеро-тунела који се сада налазе у Војнотехничком институту јесте у чињеници да је захваљујући експерименталној аеротунелској подршци развијено око тридесет авиона, више од десет ракета и исто толико бомби које су



Изглед аеро-тунела Т-35

ушле у наоружање наше војске. Сва та оруђа добила су потврду кроз испитивања у неком од аеро-тунела. Неки од модела авиона који су испитивани нису дали очекиване резултате, па су на-



Комплекс аеротунела у Војнотехничком институту

пуштени у фази пројекта. И то се на неки начин може сматрати доприносом, јер се одустало од реализације на нивоу модела, који је много лакше и јефтиније направити него прави авион. Са друге стране, неки од испитиваних модела постали су веома познати, попут авиона Г-4 „супергалеб“.

И данас, као и раније, ништа мањи значај нема експериментална аеродинамика у развоју нових ваздухоплова. Поред снажног развоја компјутерских система и софтвера за симулацију струјања, аеротунелска испитивања остају као очигледна потврда да ли ће нешто успешно да лети или не.

Испитно-мерна опрема

Савремени ваздухоплови представљају сложене системе које треба ефикасно и у одређеном року испитати ради утврђивања поузданости рада свих функционалних система у опсегу прорачуном датих ограничења. Основна функција испитно-мерне опреме (ИМО) јесте да омогући поуздан и непрекидан пренос сигнала измерених величина са летелице која се испитује до земаљске пријемне станице.

Испитивање у лету спроводи се по тачно дефинисаном програму који мора да задовољи велики број цивилних и војних ваздухопловних прописа. Она се обично деле на основна аеродинамичка испитивања, испитивања мотора и друге електронске опреме, а у случају војних ваздухоплова врши се испитивање интеграције наоружања,

те друга квалитативна и квантитативна испитивања свих система у реалним условима експлоатације.

Употребом фото-регистратора повећан је ниво испитивања, јер је заједно са мерним претварачима и различитим оптичким индикаторима (галанометри квотиометри) омогућено истовремено мерење већег броја параметара.

За мерење масе авиона набављене су електричне ваге, а за испитивања дужине полетања и слетања авиона филмска камера VINTEN.

Модерна телеметријска и компјутерска технологија омогућује пренос стотина параметара и њихово процесирање у реалном времену, тако да се остварује праћење веома сложених маневара, што директно доприноси унапређењу процеса испитивања, јер се долази до релевантних података о перформансама летелице док је она у лету.

Оптотеодолитски систем SKYTRACK служи за мерење координата објеката у ваздушном простору, односно за одређивање његовог положа-



Производња авиона „ласџа П2“ и „Уџви“

Дигитални мерни системи су следећа генерација испитно-мерне опреме, која омогућава праћење великог броја мерних параметара.

ја у функцији времена (одређивање трајекторије објекта у ваздуху).

Производни капацитети

Међу фабрикама које су дале изузетан допринос развоју домаће ваздухопловне индустрије је и панчевачка „Утва“. Основана је пре 75 година (1937) као једриличарска задруга. Још у то време у њој су рађене веома квалитетне дрвене једрилице „вбрац“ и „чавка“. Задруга прераста у фабрику летелица и сели се у Панчево 1940. године. У њој тада раде ревизију авиона „физер ФН“ (120КС) и потписују уговор за монтажу чак 98 двокрилних двоседа за основну обуку Bücker Вü-33С (160КС) за ваздухопловство Војске Краљевине Југославије (ВВКЈ).

КОМПЛЕКС АЕРО-ТУНЕЛА

Комплекс аеро-тунела састоји се од: малог подзвучног аеро-тунела Т-32, континуалног дејства са елиптичним радним делом 1,2 x 1,8 m и максималном брзином у радном делу од 72 m/s; воденокавитационог тунела Т-33, континуалног дејства са правоугаоним радним делом 0,5 x 0,35 m и максималном брзином воде од 11 m/s; хиперсоничног аеро-тунела Т-34, прекидног дејства са максималном брзином до Маховог броја М=7; великог подзвучног аеротунела Т-35, континуалног дејства са три изменљива радна дела осмоугаоног попречног пресека 3,2x4,4 m и максималном брзином у радном делу од 0,5 Маха; вакуумског аеро-тунела Т-36, прекидног дејства са квадратним радним делом 0,25 x 0,25 m и максималном брзином од 3,24 Маха, и трисоничног аеро-тунела Т-38 са натпритском, прекидног дејства са квадратним радним делом 1,5 x 1,5 m и максималном брзином у радном делу до 4,0 Маха.

Након тога тим „Утвих“ инжењера покрене развој прелазног авиона „видра“. Развијен је и нови тип једрилице „утва 111/11“, која је била запажена на међународним такмичењима. У тешким послератним условима „Утва“ успева да изради 70 једрилица типа „врабац“ и „чавка“, по две једрилице „шева“ и „орлик“ и по десет једрилица „јастреб“ и „ждрал“. Започиње развој авиона за основну обуку „аеро 2“ (160КС) и производња чак 80 летелица С-49. Почетак педесетих обележава покретање производње прелазног авиона типа 212. До 1954. произведено је 195 летелица типа 213.

Средином педесетих Ваздухопловнотехнички институт и предузећа „Утва“ и „Соко“ формирају заједничке тимове за развој домаћег млазног авиона. Улази се у серијску производњу школских авиона „аеро 3“ (180КС) – укупно 110 авиона, и модификује се 60 авиона „полицарпов По2“. Покренут је пројекат туристичко-привредног једномоторног авиона „утва 56“ (260КС). Почетком шездесетих година улазе у завршну фазу радови на новом авиону „утва 60“.

Нови хидроавион „утва 60Х“ полеће са Дунава крајем 1961, након чега следи потпис уговора о испоруци серије од шест авиона за ЈРВ, убрзо и уговор за два авиона „утва 60АФ“ за потребе аерофото-снимања. Ради се на пољопривредном авиону „утва 65П“ (300КС) и авиону за везу У-60В (345КС). Авион „утва 66В“ преће пут од Панчева до Индије и навраг.

Златни период развоја „Утве“ био је од краја шездесетих до средине осамдесетих година. Испоручено је 80 авиона У-66В и 134 У-75 (180КС) за РВ и ПВО. За авион „орао“ фабрика ради веома сложен задњи део и

крила са интегралним резервоарима. Израђује делове и за „супергалеб Г-4“. „Утва“ је и финализатор новог школског клипног двоседа „ласта“ (300КС). За цивилне потребе настаје четворосед „утва 75А“. У тешким условима деведесетих година „Утва“ ради предсерију од шест авиона „ласта С1“, беспилотну летелицу ВБЛ2000 и „супергалеб Г-4М“.

Актуелан основни задатак те фабрике јесте рад на новом авиону за основну и прелазну обуку „ласта“. Константни финансијски проблеми доводе фабрику до самог гашења. Срећом, креће серија од 20 авиона за ирчко ратно ваздухопловство, израда два прототипа и серија од 15 авиона за В и ПВО Србије.

Ремонт ваздухоплова

Ваздухопловни завод „Мома Станојловић“ обавља послове који се односе на ремонт ваздухоплова, склопова ваздухоплова, ваздухопловног наоружања, земаљских навигационих средстава, средстава противваздухопловне одбране, земаљских средстава за опслуживање ваздухоплова, производњу резервних делова, склопова и средстава наоружања и војне опреме и развој и истраживање у погледу освајања ремонта и производње резервних делова.

Од оснивања, када је имао 132 запослена, до деведесетих година, Завод је еволуирао од радионице до савремене ремонтно-производне организације са 1.332 запослена. Данас имао 450 запослених и чини јединствену организациону техничко-технолошку целину.

У историји те установе издвајају се четири карактеристична периода: период изградње до 1973. године, период интензивног развоја – од 1973. до 1991. године, период стагнације и НАТО бомбардовања – од 1991. до 1999. године и период постепеног опоравка – после 1999. године.

Ретке су земље које се могу подићи чињеницом да је њихово војно и цивилно ваздухопловство користило, без балона и једрилица, око 9.000 ваздухоплова у око 750 различитих типова (од тога 247 типова домаће конструкције или израде). Од укупног броја било је око 7.730 војних авиона у око 560 верзија (217 домаћих) и око 1.270 цивилних у око 190 верзија (30 домаћих). Ваздухопловни завод „Мома Станојловић“ учествовао је у ремонту многих војних типова ваздухоплова домаће и иностране производње. ■

Група аутора
из Војнотехничког института
Фотографије Војнотехничког института
и Медија центра „Одбрана“



Ремонт ваздухоплова
у „Моме Станојловићу“