

ЛАСТА – АВИОН ЗА ОСНОВНУ ОБУКУ ПИЛОТА БОРБЕНИХ АВИОНА

Милан Бајовић, ВТИ ВСЦГ, Београд
Коста Велимировић, ВТИ ВСЦГ, Београд
Војимир Моловић, ВТИ ВСЦГ, Београд

Садржај – У раду је приказан нови концепт обуке пилота заснован на принципу да се захтевани ниво обуке пилота оствари са минималним оперативним трошковима. У оквиру овог концепта, посебан нагласак је дат положају клипноелисног авиона ЛАСТА за основну обуку пилота, као и захтеваним квалитетима лета овог авиона. Приказани су резултати испитивања у аеротунелу Т-35 са освртом на то како добијени аеродинамички резултати задовољавају захтеване квалитете лета.

Кључне речи – Основна обука пилота, клипноелисни авиони за основну обуку, оперативни трошкови, квалитети лета авиона.

1. Увод

Професионално оспособљавање пилота борбених авиона се у принципу изводи поступно кроз етапе дефинисане као летачка, борбена и наменска обука, при чему се летачка обука састоји од фаза селекције, почетне, основне и више обуке.

Усавршавање ученика у вештини летења се врши поступним савлађивањем све сложенијих елемената у оквиру карактеристичних врста и услова летења као што су: основно летење, маневри и акробација, навигација, инструментално и ноћно летење, групно летење, евентуално борбена обука и разноврсни задаци.

У садашњим условима треба прилагодити систем летачке обуке новим захтевима и условима школовања а да се задржи све добре особине усвојеног система летачке обуке. Повлачењем из употребе авиона Галев Г-2 појавила се празнина у оквиру почетне и основне обуке пилота, који тренутно допуњава клипноелисни авион В-53. Обука пилота се тренутно врши на два авиона, поменути В-53 и турбомлазни Н-62.

В-53 је авион за почетну обуку пилота и његов задатак је да се на њему обави и селекција за летачки позив.

Н-62 је авион за основну, вишу и борбену обуку пилота.

Задатак ових школских авиона је да се на њима обави наведени ниво обуке ученика до нивоа обучености са кога они могу прећи на наменски авион.

Заменом авиона В-53 авионом ЛАСТА повећаће се ефективност обуке јер ће се селекција, почетна и основна обука изводити на том авиону и тиме ће се значајно смањити оперативни трошкови ове обуке, док ће се на модернизованом авиону Н-62 изводити виша и борбена обука.

2. Савремени концепт обуке пилота

Увођење у процес обуке, пре модернизованог авиона Н-62, још једног типа авиона, посебно пројектован за обуку пилота, оствариле би се значајне уштеде без смањења нивоа и квалитета обуке. Да би се то остварило овај авион мора бити, у процесу основних принципа пилотирања, близак млазном авиону, како би се обезбедио брз и лак прелазак ученика на виши ниво обуке.

Најекономичније решење је да авион поред селекције кандидата за пилотски позив, првенствено задовољава фазе почетне и основне обуке и тиме обезбеђује најмање трошкове по сату лета, што омогућава већу слободу за "утврђивање градива" тј. да се свака вежба понавља све док је ученик савршено не савлада, пре преласка на сложеније авионе, за више фазе обуке.

РВ у свету теже да остваре систем обуке пилота са што већом ефективношћу. Процеси селекције и обуке се стално усавршавају и прилагођавају ради смањења пропуста и повећања броја ученика који завршавају прву фазу обуке. Летно техничке карактеристике авиона за ову врсту обуке као и опрема која је неопходна за остваривање ове фазе обуке у складу је са предвиђеним наставним програмима и налзе се најповољнија решења у погледу избора авиона и расподеле часова лета у оквиру основне и више обуке.

Колико ће се од укупног програма обуке моћи спровести на авионима за основну обуку зависи од летно едукационих карактеристика изабраног авиона. Ове карактеристике практично одређују ниво до кога се ученик-пилот може оспособити на одређеном типу авиона а тиме и тренутак када ће се процес школовања наставити кроз виши степен обуке.

Сходно специфичним условима обављања обуке и техно-економским захтевима дефинишу се најповољније комбинације категорија и типова авиона у циљу остваривања концепта обуке са максималном ефективношћу у датим условима.

Ради једноставности разматрања, усвојићемо да имамо две категорије клипноелисних авиона и то: прва са клипноелисним мотором снаге до 147kW, са седиштима једно поред другог, неувлачивим стајним трапом и стандардном опремом, друга са клипноелисним мотором снаге до 224kW, са седиштима једно иза другог, са увлачивим стајним трапом и мало виши ниво опреме у односу на стандардни.

Избор авиона обухвата поред оцене летних могућности и трошкове: набавна цена, директни оперативни трошкови и трошкови одржавања током употребног века авиона.

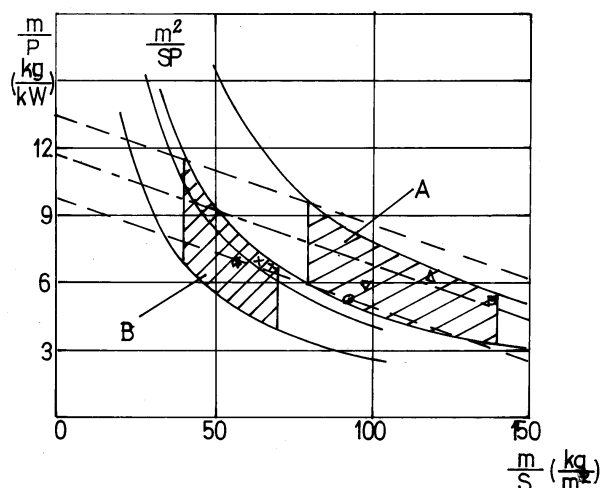
Типичне комбинације специфичних оптерећења крила и њихове специфичне снаге, која дефинише ове категорије авиона приказане су на Сл. 1. Област "А" обухвата категорије авиона са мотором снаге до 224kW, а

област "B" обухвата категорије авиона са мотором снаге до 147kW.

Авиони из области "A" дефинишу концепт авиона са крилом већег специфичног оптерећења и мале виткости, који максимални узгон постижу на вишим нападним угловима и при повећаном индукованом отпору.

При летењу на оваквом авиону ученици брзо стичу осећај за промену нападног угла и навикавају се да прилаз на слетању врше са повишеним режимом рада погонске групе и са релативно већом брзином пропадања, а да се угао прилаза смањује додавањем гаса а не повлачењем палице на себе. Повећано специфично оптерећење крила захтева нешто веће брзине лета и више простора за маневре, што уз претходно наведене карактеристике у принципу одговара лету на савременим млазним авионима.

Авиони из области "B" немају оваква концепцијска решења, њихов избор параметара доводи до ограничених летних способности а тиме и знатно умањених карактеристика у погледу могућности извођења основне обуке и селекције ученика.



Сл. 1 Типичне зависности специфичног оптерећења крила и специфичне снаге клипноелисних авиона

3. Авион за обуку – клипноелисна погонска група

Услед малих оперативних трошкова у свету се све више користе посебно пројектовани клипноелисни авиони за почетну и основну обуку.

Да би се њихова употребна граница што више проширила, пројектује се пажљиво у циљу максималног прилагођавања, постављеним тактичко-летачким захтевима како би се поред добрих перформанси добио и сигуран авион који прашта грешке ученика до одређеног нивоа, омогућава брзо стицање знања али и јасну селекцију ученика.

Основне карактеристике ових авиона приказане су у Табели 1

Авион ЛАСТА је посебно пројектован за обуку пилота. Овај авион има неоспоран педагошки квалитет: "дозирано" специфично оптерећење крила, добру диспозицију пилотске кабине, добро понашање у превученом лету што овај авион чини кохеретним са

страним решењима и има своју добру позицију у етапном систему обуке у комбинацији са авионима за вишу и борбену обуку.

Избор горе наведених конструктивних параметара омогућавају да се у погледу основних принципа пилотирања, авион ЛАСТА приближи млазном авиону, што обезбеђује брз и лак прелазак ученика на виши ниво обуке и омогућавају добру селекцију кандидата.

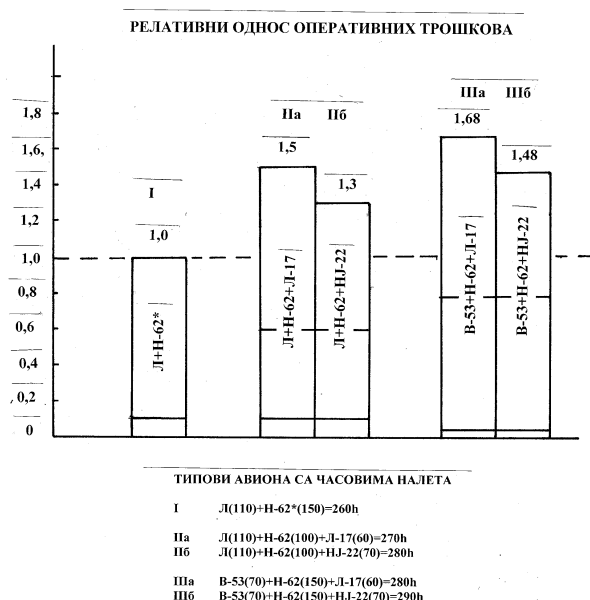
Авион за основну обуку мора задовољити захтеве у погледу захтеваних перформанси (специфицираних ТТЗ) и квалитете лета исказане кроз карактеристике уздужне и бочне стабилности и управљивости. Мора бити способан за извођење свих врста акробација уз добро понашање у лету на критичним нападним угловима и при лету у ковиту, одакле се мора водити применом стандардних поступака. Имајући ово у виду авион ЛАСТА са својим летним карактеристикама кроз остварене перформансе и квалитете лета, као и са изабраном опремом за лет по питањима навигације, комуникације и инструменталног лета омогућава извршење дисциплина дефинисаних у фазама почетне и основне обуке.

4. Оперативни трошкови

Увођењем у процес обуке, пре авиона Н-62, авион ЛАСТА са клипноелисном погонском групом, оствариле би се знатне уштеде без смањивања нивоа и квалитета обуке. Укупни оперативни трошкови приказани су у релативним односима добијени на основу анализе кроз вредност укупних оперативних трошкова по једном ученику за дефинисане часове лета. Анализа је урађена за три могуће комбинације и то: прва, да се целокупна обука од 260 часова спроведе на два авиона, ЛАСТА (110h) и Н-62* (150h); друга, да се обука спроведе у обиму 280/270h на авиону ЛАСТА (110h), авиону Н-62 (100h) и наменском НЈ-22 (70h) или Л-17 (60h) и трећа да се обука спроведе у обиму 290/280h на авиону В-53 (70h), авиону Н-62 (150h) и наменском НЈ-22 (70h) или Л-17 (60h). Релативни односи оперативних трошкова су графички приказани на Сл. 2.

Табела 1

Тип авиона	m	m/S	m/P	A	Vs	Vmax/Vs	m ² /SP	VmaxS/P	η/Cx
	kg	kg/m ²	kg/kW		km/h		kg ² /m ² kW	(km*m ² /h)/kW	
КАТЕГОРИЈА АВИОНА-А									
EPSILON	1250	139	5,58	7,0	115	3,287	775	15,2	28,93
SF260M	1200	119	6,19	6,9	126	2,643	735	15	25,61
T-38 PILAN	1338	98	5,98	5,7	115	2,704	584	19	24,51
LASTA	1150	89	5,14	6,3	115	2,800	458	18,4	24,00
КАТЕГОРИЈА АВИОНА-Б									
PZL-M26 ISKRICA	1100	78,6	7,19	5,28	98	2,7	645	24,25	22,69
UTVA 75 A21	960	65,62	7,16	6,47	82	2,62	470	23,47	14,42
BRAVO 202	950	68,54	7,09	6,86	90	2,68	486	24,93	19,25
F67M160 FIREFLY	907	71,81	5,67	8,88	91	2,81	547	27,17	23,65
F67M260 FIREFLY	1134	89,78	5,85	8,91	101	2,78	525	18,29	19,24
DATWYLER MD-3-160	840	56	7,06	7,48	85	2,84	395	30,37	23,43



Сл. 2 Релативни однос оперативних трошкова

На основу приказане анализе може се закључити да су минимални оперативни трошкови остварени при првој комбинацији авиона који би могао бити примењен у етапном систему обуке. Са другом комбинацијом авиона ови трошкови су већи за 50% по ученику ако се наменска обука изводи на Л-17, а 30% ако се наменска изводи на НЈ-22, док за трећу комбинацију авиона трошкови су већи за 68% по ученику ако се наменска обука изводи на Л-17, а 48% ако се наменска изводи на НЈ-22.

5. Технички опис авиона ЛАСТА

Авион ЛАСТА одговара потребама које је изразило РВ, за једним школским клипноелисним авионом који је економичан са својом ценом и по питању трошкова

експлоатације и који треба да попуни празнину повлачењем авиона Н-60 у почетној и основној обуци у летењу, да доведе ученике до довољно високог нивоа знања да могу директно да пређу на авиону Н-62.

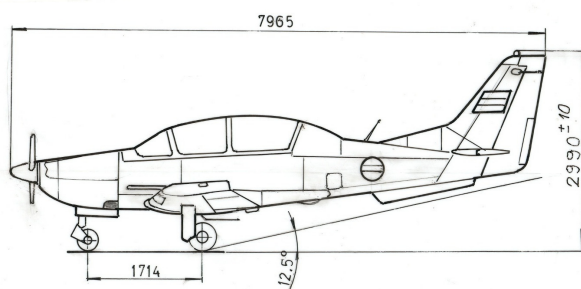
Авион ЛАСТА је двосед потпуно металне конструкције са седиштима у тандему (Сл. 3). Груп је полуљускасте конструкције. Пилотска кабина је пространа са добром спољном видљивошћу и одбацивим кабинским поклопцем у случају опасности.

Опрема предње и задње кабине је тако одабрана да омогућава ученицима максимално олакшану обуку у навигацији и инструменталном лету и лак прелазак са овог авиона на авион Н-62.

Крило релативне дебљине од 15% има две рамењаче. Површина крила је 12,9 m². Дуж целе излазне ивице уграђене су покретне површине (крилице и закрилице), крилица се покрећу механичком командом а закрилица електричном.

Стајни трап је типа трицикл и његово увлачење и извлачење се врши помоћу хидрауличног система.

Погонску групу чини мотор Avco-Lycoming АЕ10 540, типа боксер, снаге 224 kW на нивоу мора, који покреће двокраку елису типа Hartzell.



Сл. 3 Бочни изглед авиона ЛАСТА

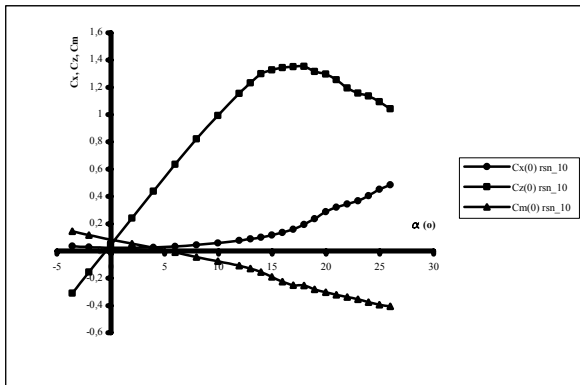
6. Анализа аеротунелских испитивања модела авиона ЛАСТА

Пошто је авион ЛАСТА намењен за обуку пилота он мора имати добре летне карактеристике и да прашта грешке ученика у пилотирању што се огледа у понашању авиона на великим нападним угловима, или како се то обично каже, у превученом лету.



Сл. 4 Модел авиона ЛАСТА у аеротунелу Т-35

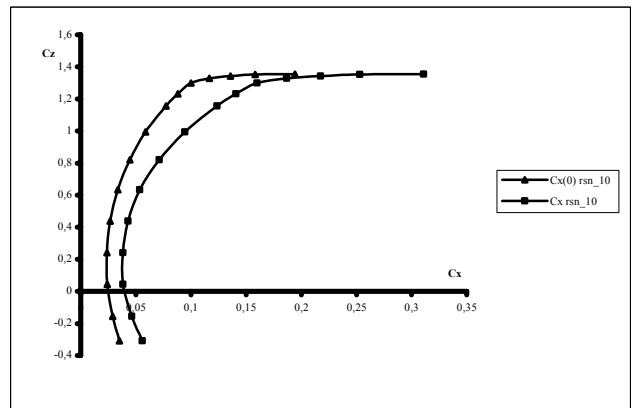
На моделу авиона ЛАСТА су извршена испитивања у аеротунелу Т-35 (Сл. 4). Мерење аеродинамичких сила и момената врши се на шесткомпонентној аероваги ТЕМ Т-35. Измерене вредности три основна аеродинамичка коефицијента (отпор, узгон и момент пропињања) приказани су на Сл. 5 у функцији нападног угла.



Сл. 5 Зависност основних аеродинамичких коефицијената од промене нападног угла

На Сл. 6 приказане су две поларе: прва добијена из испитивања модела авиона ЛАСТА размере 1:5 у аеротунелу Т-35 и друга добијена корекцијом коефицијента профилног отпора. Ова корекција је извршена због тога што на правом авиону у реалним летним условима посебно код већих нападних углова постоји разлика у вредностима коефицијента профилног отпора због промене струјања граничног слоја, утицаја разлике Рејнолдсовог броја и храпавости

површине крила на моделу и авиону. На основу ових корекција одређена је полара авиона ЛАСТА.



Сл. 6 Полара авиона ЛАСТА

На моделу авиона ЛАСТА је извршена и визуелизација струјања путем кончића на горњаци крила ради одређивања места где почиње одвајање струје, затим проширења подручја одвојеном струјом при промени нападног угла авиона и резултати су приказани на сликама од Сл. 7 до Сл. 9.



Сл. 7 Визуелизација струјања, $\alpha = 17^\circ$



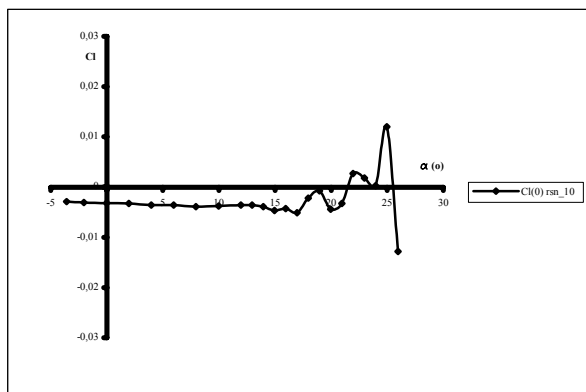
Сл. 8 Визуелизација струјања, $\alpha = 21^\circ$



Сл. 9 Визуелизација струјања, $\alpha = 24^\circ$

Испитивања су извршена без и са отклоном крилаца. Прво, да би се одредило одвајање струје и утврдило понашање авиона ако пилот не би предузео никакву акцију и друго, да се одреди ефикасност крилаца нарочито, у превученом лету.

Општа запажања из извршених испитивања за наведене случајеве су следеће: одвајање струје настаје увек у корену крила, одвајање струје се јасно примећује по кончићима који су врло узнемирени и увртложени. Почетак одвајања и период ширења одвојене струје до подручја крилаца није праћено јачим променама момената око уздужне осе (Сл. 10).



Сл. 10 Коэффициент момента ваљања

Промене момената око уздужне осе авиона настали услед несиметрије одвојене струје на левом и десном крилу су мали због малог крака одвојене струје. Крилаца су још увек у средњем струјању, што омогућава лако управљање авионом. Понашање авиона у лету на нападним угловима блиско критичним био би са благим нагибима а са преласком критичног нападног угла због пада силе узгона авион би оборио нос.

Један од основних захтева, који се јавља код школских авиона за обуку, јесте обезбеђивање задовољавајућих карактеристика стабилности и управљивости у што ширем дијапазону нападних углова.

Достизање већих нападних углова ограничено је појавом сваљивања. Основни узрок сваљивања авиона

на већим нападним угловима јесте промена дериватива уздужног и бочног кретања. При овој највећој промени имају карактеристике у бочном кретању, што доводи на већим нападним угловима до губитка стабилности и управљивости.

Оцену квалитета авиона у бочној равни са почетком одређивања најмањег нападног угла при којем настаје сваљивање добијемо из услова дефинисаним следећим неједнакостима:

$$L_p(\alpha) > 0 \quad (1)$$

$$N_\beta(\alpha)\cos\alpha - L_\beta(\alpha)\sin\alpha(J_z/J_x) > 0 \quad (2)$$

$$N_\beta(\alpha)L_{\delta\alpha}(\alpha) - L_\beta(\alpha)N_{\delta\alpha}(\alpha) > 0 \quad (3)$$

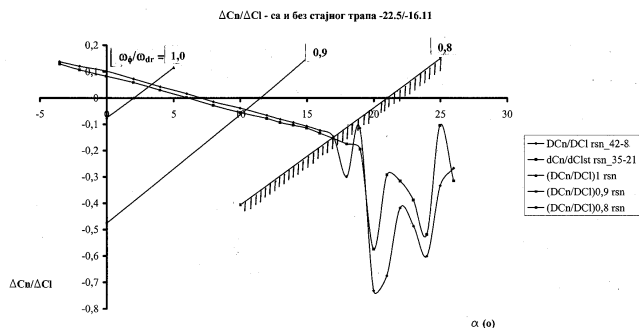
где је L_p момент пригушења у ваљању, N_β момент бочне стабилности, L_β ефекат диједра крила, $L_{\delta\alpha}$ управљачки момент од отклона круилаца и $N_{\delta\alpha}$ момент скретања од отклона крилаца (advers yaw). Као пример квалитета у бочној равни узет је збирни критеријум који узима у обзир однос промена комплексних полова ваљања и Datch-roll ω_ϕ/ω_{dr} и вредности односа попречних момената ваљања и скретања насталих отклоном крилаца $N_{\delta\alpha}/L_{\delta\alpha}$ дефинисане условом неједнакости (3) [1],[2],[3].

На Сл.11 су приказане следеће зависности: односи момената ваљања и момената скретања насталих од отклона крилаца, односи комплексних полова ваљања и Datch-roll ω_ϕ/ω_{dr} срачунати на основу израза (4)

$$\omega_\phi/\omega_{dr} = [1 - (N_{\delta\alpha}/L_{\delta\alpha})(L_\beta/N_\beta)]^{0.5} \quad (4)$$

Изводи момената $N_{\delta\alpha}$, $L_{\delta\alpha}$, L_β и N_β су одређени из моментних криви за ваљање и скретање добијених испитивањем модела авиона ЛАСТА у аеротунелу Т-35.

За дефинисану доњу границу вредности $\omega_\phi/\omega_{dr} > 0.8$ одређује се вредност нападног угла до кога авион има прихватљиво понашање и управљање.



Сл. 11 Ефекат управљачког момента при отклону крилаца на мод ваљања авиона

7. Закључак

Авион ЛАСТА по својим летним могућностима је потпуно у нивоу светских авиона који се примењују за почетну и основну обуку пилота борбених авиона и представља најекономичније решење јер обезбеђује најмање трошкове по часу лета.

Омогућава да се спроведе селекција и оспособљавање ученика до достизања захтеваног нивоа обуке да се може директно прићи на следећу вишу фазу обуке .

Аеродинамичка испитивања авиона ЛАСТА су показала да ће авион имати задовољавајуће квалитете лета (стабилност и управљивост, као и добро понашање при великим нападним угловима).

8. Литература

- [1] Бајовић, М. Анализа кретања авиона на великим нападним угловима, Ваздухопловнотехнички институт, Београд, инт. док. ВЗ-1980, 1981.
- [2] Живановић, М., Бајовић, М., Стојаковић, П., Рашуо, Б. New General Approach the Airplane Rotation Analyis, Yokohama ICAS 2004, 2004.
- [3] Бајовић, М., Моловић, В. Анализа аеродинамичких коефицијената авиона ЛАСТА на бази статичких испитивања у аеротунелу Т-35, Војнотехнички институт, Београд, 2005.

Abstract – In the paper is given the presentation of new concept of pilot training based in the objective to provide required level of pilot skill with minimal operating costs. Within this concept, specific accent is given to the position of the piston engine airplane LASTA for the basic pilot training, as to the required flying qualities of this airplane. The presentation of the T-35 wind tunnel results is given comment how obtained aerodynamic results are fulfilling required flying qualities.

LASTA – AIRPLANE FOR BASIC TRAINING OF FIGHTING AIRCRAFT PILOTS

Milan Bajovic
Kosta Velimirovic
Vojimir Molovic