



НЕНАД ХРИСАФОВИЋ

ЈЕДАН ОСТВАРЕН САН

ИКО
& ХРИСАФОВИЋ



ПРИРЕДИО
Драган Вујичић

НЕНАД ХРИСАФОВИЋ
ЈЕДАН ОСТВАРЕН САН





НЕНАД ХРИСАФОВИЋ
ЈЕДАН
ОСТВАРЕН САН

Издавач лого

2018.

Садржај

У В О Д.....	5
НЕНАД ХРИСАФОВИЋ:	9
ОДРАСТАЊЕ И РАТ.....	10
СПАС У БЕОГРАДУ	13
ПОВРАТАК КУЋИ.....	18
ПОЧЕТАК ВАЗДУХОПЛОВНИХ ДЕЛАТНОСТИ.....	19
ИНФОРМБИРО КОСИ СКОЈЕВЦЕ.....	26
НА МАШИНСКОМ ФАКУЛТЕТУ У БЕОГРАДУ.....	33
ТЕШКА 1960.	37
ЦИРУС ЛЕТИ У ИСТОРИЈУ.....	42
ЗАХТЕВ 1:.....	42
ЗАХТЕВ 2:.....	43
ЗАХТЕВ 3:.....	43
ЗАХТЕВ 4:.....	45
ИЗБОР АЕРОПРОФИЛА ЗА КРИЛО ЈЕДРИЛИЦЕ ЦИРУС ХС-62	47
НЕКОЛИКО РЕШЕНИХ ТЕХНОЛОШКИХ ПРОБЛЕМА НА ХС-62.....	50
ПОНЕШТО И О ЦИРУСУ ХС - 64.....	54
ЦИРУС ХС - 64 ТАКМИЧАРСКА ЈЕДРИЛИЦА?.....	59
ГОДИНА КОЈА ЈЕ БИЛА КАО ДЕЦЕНИЈА	60
ОДЛАЗАК У ФРАНЦУСКУ	64
ПРВИ КОНТАКТ СА АВИОНОМ СР-1310 “СУПЕР ЕМЕРОД”	67
СТАЊЕ У АКРОБАТСКИМ АКТИВНОСТИМА У ФРАНЦУСКОЈ 1965. ГОДИНЕ.....	69
ПРВИ ЛЕТ СР-100	71
ТРАГЕДИЈА КОЈА СЕ МОГЛА ИЗБЕЋИ	75
“СР-100” МЕЊА ИМЕ. ПОСТАО ЈЕ “САР-10”	76
ЛЕТАЧКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ И КАРИЈЕРА САР-10	79
САР-10 НИКАД НИЈЕ БИО НАШТЕЛОВАН.....	81
КРИТИКА ГАЗДЕ МУДРИЈА.....	84
У ПРОЈЕКТАНСКОЈ ГРУПИ СІFAS.....	86
У ПРОГРАМУ АРИАНЕ.....	88
ГЕНИЈАЛНИ ИВ СИЈАР И ФЕДРИК Д’АЛЕСТ.....	90
КАО L’ARCHИТЕКТЕ INDUSTRIEL	92

ДОЛАЗАК НА ПРОЈЕКАТ ХЕРМЕС.....	94
СТРАШНА 1992	96
ЗА БОЖИЋ У СРПСКОМ САРАЈЕВУ.....	98
SPACE SHUTTLE И БУРАН.....	99
КАТАСТРОФЕ ЧЕЛЕНЏЕРА И КОЛУМБИЈЕ.....	102
ISTRAGA POVODOM KATASTROFE ORBITERA KOLUMBIJA.....	103
DINAMIČKA PROBA OTPORNOSTI NAPADNE IVICE LEVOG KRILA.....	103
UVOD	104
KONCEPCIJA I REALIZACIJA TERMIČKOG ŠTITA SPOLJNJEG REZERVOARA	106
DINAMIČKA PROBA OTPORNOSTI NAPADNE IVICE KRILA.....	107
ANALIZA REZULTATA; KOMENTARI; ZAKLJUČAK.....	108
PITANJE ZAMENE AMERIČKOG ORBITERA JEDNOM MALOM SVEMIRSKOM LETILICOM	111
1. UVOD	111
2. POSTOJEĆE ISKUSTVO.....	112
3. NEOPHODNE PERFORMANSE I OSOBINE U LETU	113
4. POVRATAK IZ ORBITE. AERODINAMIČKE I AEROTERMIČKE POJAVE	113
5. UTICAJ AERODINAMIČKE FORME LETILICE.....	115
6. UTICAJ AEROTERMIČKOG ZAGREVANJA LETILICE	116
7. ZAKLJUČAK.....	117
МЕДАЉЕ И ОДЛИКОВАЊА.....	119
НЕНАДОВИ КОСМИЧКИ СТАНДАРДИ	120
НОВЕ ВАСИОНСКЕ НОРМЕ.....	121
ПРОБЛЕМ СЕРТИФИКАЦИЈЕ ИЗРАЧУНАТОГ	126
STUDIJE STABILNOSTI CIKLUSA STRUKTURA – POGONSKA GRUPA NA RAKETI NOSAČU SATELITA ARIANE	131
1 UVOD	131
2 TEORETSKE OSNOVE.....	132
3 LOGIKA RAZVOJA STRUKTURE I HIDRAULIČKOG SISTEMA RAKETE.....	133
4 KRITERIJUM STABILNOSTI CIKLUSA POGO	134
5 PRIPREMNE STUDIJE. MODELIZACIJA.....	135
5.1 RADOVI NA MODELIZACIJI STRUKTURE RAKETE	135
5.2 RADOVI NA MODELIZACIJI HIDRAULIKE I POGONSKE GRUPE.....	135
6 STUDIJE STABILNOSTI CIKLUSA POGO	137
6.1 STUDIJE STABILNOSTI PRVOG STEPENA RAKETE.....	137
6.2 STUDIJE STABILNOSTI DRUGOG STEPENA RAKETE.....	138
7 ZAKLJUČAK.....	143
LITERATURA.....	143

ТАЧНА ПРЕДВИЂАЊА И ОПРАВДАН ТРУД	144
УМЕСТО ДОКТОРАТА	147
РАД ПРЕЗЕНТОВАН НА 28. КОНГРЕСУ МЕЂУНАРОДНЕ КОСМИЧКЕ АСОЦИЈАЦИЈЕ, У ДУБРОВНИКУ, 1978.....	148
PRIMENA MEHANIKE LOMA U RAZVOJU REZERVOARA POD PRITISKOM EVROPSEK RAKETE „ARIANE“ ..	149
UVOD	149
KARAKTERIZACIJA ZAVARENIH SPOJEVA	150
IZVRŠENA ISPITIVANJA	151
POSTIGNUTI REZULTATI.....	152
KOMENTARI	154
ZAKLJUČAK.....	157
LITERATURA.....	157
ГРАЂАНИН РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ	159
ФРАНЦУСКИ ВИТЕЗ СРПСКЕ КРВИ.....	162
АНЕКС 1	163
RADNA BIOGRAFIJA	163
АНЕКС 2	166
Pismo UCV od 5. januara 1965.	166

УВОД

Ово је историја једног човека који је, изложен посебним условима, још као дечак нагло сазрео. Дечија психа је нежна и осетљива и један груб поступак може да је тешко повреди. У овом примеру је то било болно, чак и неизбрисиво.

Тај дечак, велики љубитељ ваздухопловства, већ искусни моделар и полазник теоретског курса за падобранство, је са успехом одслушао и положио теоретске основе за ваздухопловно једриличарство. Група са којом је слушао и полагао основе из аеродинамике, метеорологије, познавања конструкција ваздухопловних једрилица и друго је била састављена од гимназијалаца и била је, као и он, одушевљена перспективом да за одлазак у Ваздухопловни центар БиХ, који је био у заврсној фази реализације и чије отварање на Бутмиру, као и почетак практичне наставе у ваздухопловном једриличарству, је било предвиђено у самом почетку месеца јула 1948.

Последњи састанак у Аероклубу Сарајево, који је требао да дефинише последња практична упутства за одлазак, био је предвиђен 28. јуна те исте године. Пре самог састанка, извесни Горчин Јовановић који се, на ненаметљив начин, промовисао у вођу групе, је повукао на страну младог кандидата (није имао ни пуних 16 година) и обратио му са речима : “Ти не идеш са нама. Ти ниси добар омладинац и не заслужујеш да заједница троши своја средства на тебе”. Остали су ћутали или су се правили да не чују...

“Ниси добар омладинац” звонило му је у ушима док је излазио из просторија Аероклуба. Ма шта то значи? Био сам баш добар ученик у управо завршеном шестом разреду гимназије, учествовао сам на свим радним акцијама које су биле организоване током школске године, био сам одличан скијаш и сматран као нада Јуниорске екипе БиХ и ...испада да не ваљам! Да не ваљам за заједницу у којој живим, чији сам члан као што сам и грађанин моје отаџбине СФРЈ!

Није требало много времена да схватим о чему се ради: нисам био члан С.К.О.Ј.-а као остали, нисам био члан те елите која је могла да претендује на олакшице које нису биле приступачне “обичном свету”. Нисам имао перспективе да постанем члан Клуба, да будем послан на школовање у СССР, да добијем стипендију (и улаз) у Новинарско-Дипломатски факултет и ко зна шта још. У том часу сам сазрео за читав зивот. Схватио сам да ми пут којим треба да идем је пут стручњака, прегаоца и радника. То ми је постао сан: да успесима на радном пољу покажем да вредим, да заслужујем поштовање у заједници, да се прикажем друкчији од те масе која митингује, извикује пароле, спроводи чистке, заклице се на верност земљи и послушност Клубу (“Ја бих, другови, за ову земљу... Верност нашем вољеном другу... Таква је директива Клуба, нема дискусије” ...итд. итд).

Прошло је тачно 70 година од тог судбоносног дана и сада, у предвечерју мог живота, честитам сам себи што сам остварио моју одлуку и ИСПУНИО СВОЈ САН.

ПРЕДГОВОР

Књига коју управо отворате својеврсно је враћање у историју памети наших људи расејаних по белом свету и прича о једној судбини која може да оплемени, подстакне и инспирише генерације ваздухопловаца које тек долазе.



Пред вама је прича о путу „од трња до звезда“, о томе шта један човек са концентрацијом тежње и визијом, као неопходим животним помагалом, може да оствари у свом веку, сопственом народу на радост, а човечанству на корист, у будућности која је почела ером космичких истраживања.

Пред вама је прича о Ненаду Нени Хрисафовићу, човеку који је био на челу оних који су стварали светску ваздухопловну и астронаутичку историју двадесетог века.

Аутор књиге „Ненад Хрисафовић - један остварен сан“ испричао нам је дирљиву сторију о томе како су, у очима лепог плавооког дечака са обала Миљацке у Сарајеву, изгледали модра бескрајна дубина свемира и небески свод посут милијардама звезда. Књига нас затим упућује у причу о стасалом Ненаду Хрисафовићу, падобранцу, једриличару, пилоту и наставнику летења Ваздухопловног савеза Југославије, али и студенту легендарних професора Машинског факултета у Београду са смера Наравног ваздухопловства - Мирослава Ненадовића и Душана Станкова.

На веома допадљив начин описани су и маладалачко време и први успешни кораци Ненада Хрисафовића у пројектовању и конструкцији изузетно успешне једрилице „Цирус ХС-62“, као и време проведено на месту асистента професора – академика Ненадовића. Прича о професионалном успону из снова је и прича о сну о универзитетској каријери која се преко ноћи претворила у ружну стварност. Уместо заслуженог признања за тада знатно достигнуће у пројектовању, нелагодност коју је произвео код одређеног броја колега приморава га да напусти факултет и да, после неиспуњеног обећања да ће бити примљен у тадашњу Савезну Управу Цивилног Ваздухопловства, уради три важне ствари за светско ваздухопловство и космонаутику. Прва је дуго опроштајно писмо родитељима, друга је стављање у џеп 65 долара колико је у том момемнту имао на располагању и трећа је улазак у другу класу брзог воза за Париз и одлазак пут Француске.

То је био моменат када европски ваздухопловни и космички програми добијају ствараоца, који током своје тридесетогодишње каријере постиже све што један инжењер и научник може постићи, увек поносно истичући да све то дугује „добром знању“ стеченом у „нашој овдашњој школи“ али и великој упорности и преданом раду.

Први контакт по даласку у Француску Хрисафовић остварује са уредницом часописа „Aviation Magazine“, Лисјеном Бјанкото, која је својевремено објавила чланак о полетању његове двоседе једрилице „Цирус ХС-62“. Она га препоручује руководству престижне корпорације „Бреге“ и врло брзо наш млади инжењер добија посао прераде двоседе једрилице „Шука 2 – Бреге 906“, која би убрзо након процеса сертификације ушла у серијску производњу.

Схвативши да пред собом имају врсног конструктора, власници компаније поверавају пројектовање пуноакробатског двоседог авиона СР 100. Већ са првим пробним летовима прототипа ове летелице било је јасно да је добијен производ врхунских перформанси. Авион улази у серијску производњу као САР 10 и од 300 произведених авиона продаваних широм света, 70 купује Француско ратно ваздухопловство за потребе школовања војних пилота у акробатском летењу. После авиона САР 10, Хрисафовић пројектује једноседи високоспособни акробатски авион САР 20 и доводи га до савршенства кроз пет модификованих верзија током неколико година.

Оба типа авиона, и САР 10 и САР 20, су у периоду од 1970. до 2000. године носила епитет најбољег француског и светског акробатског авиона, освојивши у том периоду небројено много државних, европских и планетарних првенстава у акробатском летењу. Два примерка тих авиона се данас налазе у сталној поставци Француског националног ваздухопловног музеја „Ле Бурже“ у Паризу.

Овенчан успесима који га препоручују, а ношен и амбицијом да даље ствара и пројектује, Ненад Хрисафовић конкурише код компаније „Nord Aviation“, која је прозводила склопове за балистичке ракете из Француског стратешког нуклеарног програма. Након шестомесечне детаљне безбедносне провере улази у Nord Aviation и у веома кратком року долази на позицију одговорног инжењера за структуру и механизме француско-немачког сателитског програма „Симфонија“.

Из тог успешног пројекта рађа се чувена ракета “Ariana“, а јунак ове приче је у том историјском подухвату задужен за прорачуне и испитивања у области аеродинамике, аеротермике, термике структуре, статике, динамике и димензионисања ракете. Сва знања и искуство стечено у конструисању једрилица и авиона, примењује на норме и димензионисање ракета из космичког програма Ariana.

Почетни успех овог пројекта доводи га, у врло јакој конкуренцији, на место главног конструктора Ariane 3, која је као најавангарднији космички програм тог времена у космос могла истовремено да понесе и убаци у тачну орбиту два комуникациона сателита.

Као главни конструктор Ariane 3, Хрисафовић је технички руководио пројектовањем ракете, контролишући притом 13 европских корпорација које су кооперирале у овом програму. Систем је био тако постављен да ниједна спецификација ни захтев није могао бити одобрен без његовог печата и ћириличног потписа.

Ariane 3 је полетела 1984. године, а главни пројектант Ненад Хрисафовић одликован је високим француским орденом „Ordre du Mérite“. Ни остале земље учеснице у програму нису заостајале у одавању признања првом човеку Ariane. Све ово представљало је врхунац конструкторске каријере нашег Ненада Хрисафовића.

Након оваквог успеха, дошао је на једно од водећих места у Националном центру за свемирска истраживања (CNES), настављајући да ради на пројекту орбиталне космичке летелице „Hermes“, решавајући проблеме њеног специфичног повратка из орбите и примене нових материјала и технологија у том подухвату.

Пролазећи кроз ваздухопловне и космичке Сциле и Харибде двадесетог века, Ненад Хрисафовић имао је дивну вилу пратиљу у свим тим подухватима. Његова супруга Франсина, и сама машински инжењер, била је непроцењива подршка, како у процесу руковођења пројектима, тако и у свим његовим путошћима - од француске Гијане, преко конгреса Светске астронаутичке федерације (IAF), на којима је био неизоставни панелиста, од Лисабона, Анахајма у Калифорнији па све до конгреса IAF-а који је одржан у Дубровнику 1978. године и конгреса у Малаги 1989. године.

Вредно је истаћи да је Ненад Хрисафовић био француски делегат у Међународној организацији за стандарде (ISO) и Поткомитету 14 за космичке операције, као и да је био аутор три светска стандарда који ће заувек бити на снази и заувек бити будућност космичких истраживања.

Познанство са Ненадом Хрисафовићем за мене представља изузетну срећу и задовољство, а исписивање ових редова велику част.

Велибор Вукашиновић

Председник Удружења ваздухопловне индустрије Србије

Када сам замолио Ненада Хрисафовића да исприча причу о свом инжењерском и животном путу, прво што ми је “издиктирао у перо” био је сан чувеног шведског лекара Аксела Мунте који је забележио у својој оставштини. Отприлике гласи овако:

Пошто се чувени лекар нашао пред вратима раја дочекао га је Свети арханђел. Није му дозволио да уђе, већ му је рекао да се чека на “папире” са земље. Арханђел Мунтеу није изгледао причљиво. Ослоњен на мач био је занет небеским мислима.

У једном тренутку лекар спази човека у свечаном оделу како метлом чисти рајски облак. Препозна га. То је био улични чистач у италијанској четврти који је продао своје ново одело како би купио лекове болесној девојци, својој првој сусетки.

Познајем овог човека, па он је донео новац за девојку – обратио се доктор Мунтеу арханђелу додајући: – Ја сам ту девојку лечио забадава. Да ли се сећате Ви мене – питао је доктор чистача у том сну.

Уследио је одговор:

“Ми се овде ничега не сећамо. Они који се сећају, они су у паклу!”

НЕНАД ХРИСАФОВИЋ:



У Основну школу у Сарајеву пошао сам у септембру 1938. Имао сам шест година и један месец. Првог школског дана пробудила ме је мајка Деса.

Рекла је: Сине, сада те будим и читавог живота ће те нешто друго будити. Увек ћеш морати да устанеш!

ОДРАСТАЊЕ И РАТ

Најчувенији српски ваздухопловни инжењер из друге половине прошлог века рођен је 28. јула 1932. у Сарајеву од оца Владислава и мајке Десе. Како Ненад приповеда, отац му је био чиновник Хипотекарне банке у самом центру града, а мајка је радила у Конструктивном бироу Дринске бановине. Сестра Дивна рођена је пет година касније.

Прва сећања Ненада Хрисафовића везана су за дом на Обали војводе Степе, где су живели и ишли на пут до школе дуг преко два километра.

Обалом, затим, преко Улице краља Александра па узбрдо Далматинском сваки дан ишао је као ђак до Прве огледне основне школе у Босни тог времена.

Зашто огледна?

Први пут у скамијама су забрањене керамичке плочице на којима су до тад писали ђаци. Ми смо били прва генерација која је оловкама писала у свеску, а учитељи су у тим нашим свескама исправљали грешке и брљотине, јер гума није била дозвољена. Преписивали смо са велике табле и некако били важни јер смо, ето, први у Босни.

Први пријатељи које је Ненад стекао у школи били су Душко Пејновић, Владо Ајбергер, Мујо Кресо... Данас би се рекло Србин, Хрват и Бошњак. Босна у малом или чак “караказан”.

О том “босанском лонцу”, који је два пута крваво кључао у животу инжењера, учио је на својој кожи. За будућност су га, колико су то и сами знали, припремали родитељи, фамилија и околина.

Између 1930. и 1940. у Босни су живели православци, католици и муслимани. У нашем граду, наравно, било је Јевреја Сефарда, са којима су православни лепо живели. Пре улаза аустријске војске 1887, за Хрвате се тада у Сарајеву није много знало. Они су живели око католичких манастира, док су у католичке цркве одлазили Чеси, Пољаци, Словаци, “куфераши” који су на Балкан стигли после 1878, одлуком Берлинског конгреса, када је турски султан предао Босну на управанье Аустроугарској, али по турским законима.

За наредних 30 година из Монархије на Балкан стигли су многобројни чиновници, инжењери, службеници који су имали задатак да Босну што пре приведу тековинама прогреса. Ненад још каже да су ови људи, одлазећи на мисе у католичку цркву, постали заматак хрватског народа у Босни у 20. веку.

Аустроугарска је владала Босном у име султана до 1907. А, када је Беч прогласио анексију територије, појавио се покрет Млада Босна. Клицу Босанског патриотизма сејали су, ко други него Срби. Од Богдана Жерајића до Гаврила Принципа. Догодио се, затим, Први и Други балкански рат а после и Први светски, и сматрало се да ће словенско питање на Балкану најзад бити решено.

Крајем четрдесетих испоставило се да није.

Сећам се 1940. и капитулације Француске. У српској православној цркви држан је парастос за француску слободу. Моји родитељи, уосталом као и сви Срби, били су забринути. Мухамеданци и католици баш и нису... – говори Ненад.



ДОБРОДОШЛИ
Многи су Немце у
Сарајеву дочекали
са одушевљењем

Априлски рат у Сарајеву 1941. утиснуо је трајан, крвав жиг у души дечака. Отац Владо, непосредно пред нацистички напад, као резервни капетан обрео се на положајима краљевске војске код Задра. Мајка са двоје деце напустила је стан у згради Славија банке и сместила се код Владиног брата Ђеће. Дане од 6. до 19. априла провели су код њега у подруму.

Мој стриц Ђећо је личност која ме је пратила на свој начин кроз живот – сећа се инжењер. – Негде 1931. оженио се Јеврејком Саром Леви, која је због њега прешла у православље и узела име Симонида. Од њене многобројне сефардске породице само је она преживела рат. Та јеврејска линија, која је у нашу фамилију дошла преко стрица, заслужна је што је Ђећо добио и кредит од Јеврејске банке да сагради лепу кућу и у њој гредама ојачано склониште у којем смо се сви крили у Априлском рату.

У Сарајево је, средином априла 1941, прва ушла немачка моторизована пешадија. Претходнцу су чини мотоциклисти. Међутим, прве стране униформе које су се априлских дана виделе у Сарајеву нису биле њихове. Улицама града почели су да парадирaju “комшије”, муслимани и Хрвати обучени у аустроугарске униформе из Првог рата. Старци, који су примали до тад

...У Сарајево је, средином априла 1941, прва ушла немачка моторизована пешадија. Међутим, прве стране униформе које су се априлских дана виделе у Сарајеву нису биле њихове. Улицама града почели су да парадирaju “комшије”, муслимани и Хрвати обучени у аустроугарске униформе из Првог рата

борачке пензије од Краљевине Југославије, Ненаду су изгледали смешни онако аустроугарски накинђурени и нацерени. Пролазећи кроз Башчаршију, при повратку у наш стан на Обали, имали смо прилику да видимо како се та стара османлијска чаршија окитила у част победника безбројним црвеним заставама са кукастим крстовима; стотине продаваца су викали из свег гласа: “Хакенкројца, хакенкројца, динар комад”. Хитлеров кукасти крст је прихваћен као сопствени симбол...

Друга група наоружаних и униформисаних који су се појавили на Башчаршији у исто време са Немцима били су мачековци. Ови Хрвати су имали своје униформе које су пресвукли у усташке када је Павелић створио “Здруг”. Мати и отац копнили су тих дана од бриге.

...Једног дана, мајка се вратила у стан сва у сузама – говори Ненад. – Објашњавала је оцу нешто у пола гласа и наједном је настала узбуна у кући. Испоставило се да је мајка чула од Немца, колеге са којим је радила у Конструктивном бироу Бановине, да су направљени спискови за ликвидацију Срба на којима се налази и презиме наше фамилије. Тај Немац јој је обезбедио и пропусницу за пут која је важила још само за тај дан, а последњи воз је кретао за неколико сати.

ПАРАДА

Усташе
парадирају у
Сарајеву



Хрисафовићи су у Србију кренули само са личним документима. Отац Владо био је толико присебан да подстанарки, госпођи Долечек, иначе Чехињи, писмено, документом уступи стан. Служавка Елза, која је радила код Хрисафовића, такође је запомагала да је воде јер јој се није враћало у село крај Ливна, одакле је стигла у грађанску породицу у срце Сарајева.

Воз “ћира” кренуо је на време.

Тај пут се не заборавља – наставља Ненад. – По лицима родитеља схватио сам да се возимо шинама постављеним на ивици страшне провалије. Ми, деца, смо можда и дремали, али родитељи нису. Негде пре Добруна, на уласку у Србију, у композицију су банули немачки фелдјандарми. Скоро празан воз се “заледио”.

Путници су, ипак, имали среће. Ненад памти кораке фелдјандарма како се приближава оцу, у чијем крилу је спавала сестра Дивна. Пре него што је од њега затражио документа,

човек се сагнуо и са пода вагона подигао мали дечји капут, који се спао са девојчице и затим нежно је прекрио.

Због ове слике Немце не мрзим. Нису били сви исти – говори Ненад.

...Са друге стране границе, избеглице из Босне дочекао је краљевски железничар. Они су се укрцавали у вагоне на Шарганској осмици. За слику која се урезала у сећање дечака овог пута “крива” је мајка.

Када је видела ознаке железнице Краљевине Југославије на капи овог човека, мајка је почела да плаче. Живи смо, мислим да је казала...

СПАС У БЕОГРАДУ

Сећам се слика разрушеног Београда али, увек када размишљам о тим данима, обузме ме нека врста душевног блаженства. Наиме, тада сам физички осетио да сам сигуран и да сам међу својима, а моји су ми изгледали као да су поново рођени.

По доласку у српску престоницу Хрисафовићи су се пријавили Централу за избеглице тадашње администрације. Отац је добио посао одмах, и то у Хипотекарној банци, исто чиновничко место које је имао у Сарајеву. Мајка, иако образована, није по тадашњем неписаном закону могла да добије посао јер је одлучено да једна глава може да храни четворо уста. Мати је, тако, током рата била домаћица.

Становали смо у Дечанској 2. Примила нас је у стан тетка Дивна Радић, мајчина сестра која је била у то време глумица у Народном позоришту. Та способна жена уписала је децу у школе, а мене је одвела и први пут у позориште. Тада сам упознао и највећу српску глумицу свих времена Миру Ступицу. Мира нам је била увек драг гост.



ПРИЈАТЕЉИЦА
Мира Ступица

Стан је имао три собе и кухињу. Са нама су били и деда, и бака, и служавка Елза. Убрзо је у Дечанску 2 стигла и друга тетка из Куманова, Зага, чији је супруг Симон, активни потпуковник, службовао у Македонији. Постали смо права породична колонија.

Првих дана у Београду Хрисафовићи су се добро снашли. Потпуковник Симон, који је заробљен са својим пуком, у пролазу кроз Београд оставио је Заги део новца из пуковске касе. Тетка Дивна је опет продала златни дукат који је “уложила” у свињче које је хранио пољопривредник из стишког села Средњево код Пожаревца, иначе, војник потпуковника Симона.

Школа за Ненада је почела у септембру, међутим, тутњао је и рат.

Већ у септембру, кад сам пошао у четврти разред основне школе, са Калемегдана сам гледао како Савом плове лешеве који су долазили из Хрватске. На те призоре нама деци су одрасли затварали очи и водили даље од реке, али од страхота се није могло побећи...

Некако у истим данима када сам видео то српско страдање на реци, догодило ми се и да будем сведок вешања на Теразијама. Немци су обесили петорицу људи на стубовима трамвајских водова. А ја, ја сам тог јутра пошао по хлеб у Чумићеву улицу. У сусрет су ми долазили уплакани људи и жене. Неке су држале руке на устима од страве, било је дедова који су плакали. Ђаво ме је одвео до Теразија да видим обешене који су се клатили на ветру у знаку слова В. Што би Немци рекли – Викторија!

Сећам се и да је у “Касини” свирала песма “Лили Марлен”. И дан-данас када је чујем, крену сузе...

РАЗРУШЕН

Београд је
априла 1941.
сурово
кажњен



Годину 1942. обележило је познанство са Драгом, сељаком и војним кочијашем тече Симона. Појавио се у нашем дому, онако испрени, као Остап Бендер, и предложио да лето проводимо у селу Средњево. Оца и мајку је убедио да тамо рат још није залазио, да нема ни партизана, ни четника, али да има хлеба. Кренули смо тетка Зага и ја, који сам био на летњем распусту, а затим и бака и дека. Тетка је убрзо изнајмила кућу и Средњево је постало “резервни положај” фамилије Хрисафовић који ће им спасти главе од предстојећих савезничких бомбардовања.

У том селу у наредном периоду издешавале су ми се многобројне чудесне ствари, које су на овај или онај начин утицале на мој живот – говори Ненад. – Сећам се да ме је, рецимо, 1942. ујео пас, па ме је бака хитно возом спремила у Београд да примим инјекцију. Међутим, онако способна, како ју је Бог дао, успут ми је утрапила и огромну корпу пуну сланине, меса, кромпира, па сам у Дечанску дошао као “Деда Мраз рањеник”. Потом сам у ис том селу упознао мајстора Владу, некадашњег авиомеханичара са Солунског фронта, у чијој радионици сам се уверио да ми је Бог дао руке за механику. Исте године стигла ме је и болест која је могла да мој живот окрене другим током.

Ненад говори како је у раном пубертету, и то први пут на селу доживео да се на тренутак замисли, стане у месту гладећи косу, и да се “одблокира” тек после неколико секунди. Родитељи Владо и Деса, упркос свим ратним недаћама, нашли су најбољег доктора.

Доктор Вујић, угледни предратни неуролог, био је строг човек – сећа се Ненад. Прегледао ме је и дао дијагнозу **Petit mal**. Та мала болест, у ствари, се могла тумачити као обољење

које води у епилепсију. Од савета Вујић ми је препоручио да пијем што је могуће мање воду, и да избегавам све посољено, а нарочито месо и сухомеснате производе. Преписао ми је тадашњи лек “савоцерин”.



“Мала болест” у јесен 1943. у београдској школи ипак је постала мало већи проблем.

Мајка је отишла код разредног старешине да му каже за дијагнозу, али је вест брзо процурила разредом. Родитељи друге деце почели су да забрањују својима да се друже са мном, јер су се плашили да није заразно..

Мала болест, испоставило се, није заразна али Ненада је већ сле дећег лета у Средњеу ухватила друга “епидемија”. Авијација...

Прва страшна бомбардовања савезника почела су 1944. Београд је горео, а “Колонија Хрисафовића” је отишла на резервни положај у село Средњево у долини реке Пек. Уз тетку Дивну дошао је њен тада вереник, угледни новинар Културне рубрике “Политике” Милан Ђоковић, а са њим и породица Раше Плаовића, великог српског глумца. У Средњеу тетку Дивна се удала за Милана, а кум им је био Раша Плаовић. То су били дани страха, културе, али и животне одлуке малог Хрисафовића да живот посвети авијацији.

Савезничке “тврђаве” су летеле из Барија на Румунију, где су бомбародвале Хитлерова складишта нафте – говори Ненад. – Задивљен сам био том снагом, робусношћу и грмљавином авио-мотора. Мајстор Владо из села постајао ми је све дражи, и све више времена сам проводио у његовој радионици, а то је веслило и мог оца. Био је поносан што правим мале макете, а не “глупирам се” по улици.

Дани савезничких бомбардовања били су знак и да се ближи крај немачкој окупацији. У то време у Средњеу се није догађало баш ништа значајно, јер ни четника, ни партизана, ни Немаца није било, али Ненад памти “молитву Раше Плаовића”.

Сељани у Стигу нису били баш приљезни одласку у цркву, и то је помало љутило локалног попа. Прича о безбожништву у Средњеу некако је дошла до четничког војводе из Кучева, некадашњег наредника краљевске војске са презименом Прица, који је дошао у село и наредио да је свака кућа дужна да на Божју службу пошаље макар једног члана породице.



Милан и Дивна Ђоковић

Ненад је присуствовао првој следећој литургији: када је тог јутра Раша Плаовић у цркви, пратећи попову службу завикао баритоном “верујем”, затрела се богомоља. Сељаци попадше ничице и сви се окренуше ка глумцу мислећи да је Бог. Свештеник Хранислав је после војводи Прици објашњавао да се не могу људи терати на силу да приђу Богу и да четници гледају свог посла.

Јесен 1944. била је ратна и врела. Пошто школе током пролећа нису радиле, Ненад је разред полагао у

Великом Градишту. За математику спремао га је чика Зафир Станковић, бивши секретар краља Петра Првог, а његова супруга Љуба помагала му је око немачког. На испиту, од 20 поена освојио је све. Вратио се потом у Београд да чека “слободу”.

Моја “мала болест” тада је већ нестала. Користио сам лек “луминал” и не знам колико је он заслужан за моје здравље. Руски тенкови били су надомак Београда, а борбе за град дочекали смо у трезору Хипотекарне банке. Отац Владо био је задужен испред других да припреми склониште за породице запослених, али и за све који дођу да спасавају главе – прича Ненад.

Борбе нисам гледао. Чуо сам да тутњи. Вести “иду Руси, Талијани, партизани”, смењивале су се једна за другом све до 20. октобра. Када је и последњи метак пукао, из склоништа је изашло нас неколико стотина.

Сусрет са слободом инжињер памти и по једној великој непријатности за оца Владу. Наиме, када су сви изашли из склоништа, у трезору је остала да лежи једна старица.

Била је мртва, а нико није знао ко је и одакле је. Владо је морао да је натовари на дрвена колица и улицама гура на гробље, где су масовно покопавани лешеве...

У исто време појавили су се и “другови” који су тражили колаборационисте. Одвели су Словенца, избеглицу из Марибора, несрећника који се случајно затекао у банци када су почеле борбе, а слабо је говорио српски; био им је сумњив, па је стрељан и после проглашен агента Гестапоа. Када је отац чуо шта се десило са несрећником који је случајно забасао у склониште док су око њега падале гранате – само се ухватио за главу!

ПРИЈАТЕЉИ Раша Плаовић и Милан Ђоковић



Прве “другове” у кожним мантилима Ненад је видео одмах по ослобођењу.

Сећам се добро велике војне параде ослободилаца Београда и друга Тита тада на тераси Народног позоришта – говори Хрисафовић. – Војска је корачала уз “Марш на Дрину”, а Броза је обезбеђивао и митраљез са нашег балкона. То време било је некако “брзо” и опасно. Није било баш онако како га је забележила послератна историја. Сећам се питања-вица: Како живите?

Одговор је гласио “Као у рају. Голи, боси, једемо јабуке, а око нас звезде”. Тај виц се причао само у четири зида.

Не сећам се дана, али на јесен 1945, отац је дошао кући и рекао мајци: “Десо, пакуј се полако, ускоро ћемо у Сарајево”. Према мајчином лицу, закључио сам да је изненађена...

Кад, како и зашто – питала је, отприлике.

Идемо назад, јер нас је тамо много пострадало. Многих Срба више нема и ми не можемо да се не вратимо – рекао је отац.

За Београдом 1945. Хрисафовићи се нису много освртали. Тетка Дивна, која је и током рата наступала у позоришту, није имала проблема са властима, док јој је супруг на позив Дедијера ускоро постао уредник у “Политици”. Плаовић је наставио да глуми, а постао је и члан АВНОЈ-а. Мира Ступица је наставила своју успешну каријеру која ју је довела до тога да постане наша највећа глумачка звезда. Хрисафовић додаје да му је, ипак, било помало жао јер више неће имати прилике да Дивни у позориште доноси пса за улогу у “Дами са кученцетом”, али је знао и да то није крај веза са српском престоницом.

Сећам се добро велике војне параде ослободилаца Београда и друга Тита тада на тераси Народног позоришта – говори Хрисафовић.

– Војска је корачала уз “Марш на Дрину”, а Броза је обезбеђивао и митраљез са нашег балкона

ПОВРАТАК КУЋИ

У Сарајево су отишли возом. Чекале су их вести, добре и рђаве.

...Многих Срба и Јевреја више није било. Неки су одведени оног дана када је фолксдојчер са мајчиног посла дојавио да усташе спремају злочин. Међу њима и Јован Кршић, књижевник и очев познаник, односно отац Ненадових предратних пријатеља Богдана и Николе. Његова супруга Чехиња испричала је да је од Јованових земних остатака нашла само поломљене оквире наочара у вагону који је тада одвео Србе и Јевреје у смрт. Јованова биста до 1992. била је парку у граду на Миљацки. Шта ли је са њом сада?

За лепу прву слику у Сарајеву из којег смо утекли главе да спасавамо, побринула се она госпођа Долечек, која је живела пре рата у једној соби нашег стана. Она нам је отворила врата када смо zazвонили и бацила се мајци у загрљај. Сећам се Десиногог првог коментара када је ушла у дом: “Па ово је као да сам јуче изашла”. У стану су недостајале само ћириличне књиге на полицама кућне библиотеке. Њих је Чехиња морала да баци, јер је ћирилица била забрањена у НДХ.

Госпођа Долечек је тог дана причала како су Павелићеви војници дошли дан пошто су Хрисафовићи сели у воз. Пошто их нису пронашли, њихов старешина је констатовао како је тај стан од сада у власништву поглавника. На то, Чехиња је извадила папир на коме је писало како је тај стан купљен од Хрисафовића за 20.000 динара.

После тога мајка поново није могла да заустави сузе. Хтела је да побегне на пијацу и махинално је питала госпођу Долечек где јој стоји цегер.

...Побогу, госпођо, па тамо где сте га увек држали – рекла је она показујући јој на унутрашња врата оставе...

ПОЧЕТАК ВАЗДУХОПЛОВНИХ ДЕЛАТНОСТИ

У родни град Ненад је донео и снове за будућност. Аероклуб у Сарајеву није престајао да ради током рата, јер је НДХ форсирала ваздухопловство по узору на Трећи рајх. Пошто су у рату “компромитовани” ваздухопловци напустили град на Миљацки, остали су они који са фашистичким режимом нису имали ништа. Са друге стране, и нова власт је, гледајући на исток, и у Русију, закључила да је авијација важна цивилизацијска тековина и у раду Клуба после 1945. ископирали су Руски систем – у цивилству припремати ваздухопловне војнике и стручњаке.

ПРВИ ваздухопловни центар у Босни и Херцеговини отворен је на Бутмиру 1948. Марио Тифничевић пред једрилицом.



Браћа Кршићи, Марио Тифничевић, Здравко Буковац, Леб Цветковић, неки су од вршњака са којима сам чинио прве кораке у ваздухопловном моделарству, а затим и на једрилицама – сећа се Ненад. – Патрон нам је био стари Урлих, добричина са вечито заглављеном цигаретом у углу усана. Моделе које смо правили под будним Урлиховим оком, пуштали смо са Мојмила, последњег обронка Требевића.

Браћа Кршићи, Марио Тифничевић, Здравко Буковац, Леб Цветковић, неки су од вршњака са којима сам чинио прве кораке у ваздухопловном моделарству, а затим и на једрилицама

Невен је био прва макета једрилице коју сам направио и пустио. Већ код друге, Нев 33, установио сам да не лети правилно јер јој је нос лакши него што треба. То је био први инжењерски проблем са којим са се суочио, а решио сам га тако што сам на нос модела причврстио кључеве од стана. Успех је био одговарајући али краткотрајан. На почетку лета макета је дивно планирала, да би се, на крају, изгубила у кукурузима и са кључевима... Никад их нисам нашао, а код куће је било куку и леле..

Јесен 1947. Ненад памти и по првом мотору који је Никола Кршић негде набавио када је са мајком посетио Чешку. Моделари су тај двотактни моторчић некако монтирали на макету, а када је она полетела, авиончић је изводио све врсте акробација, али је био сувише лаган за снагу мотора и, на крају, ипак је срећно атерио. Боже какве емоције... Исте јесени, сарајевски дечасти пријавили су се за курс падобранства.

...Све што је било у вези са летењем и небом магично нас је привлачило. Страху није било, а и ако јесте о њему се није говорило. Прве падобранске вежбе имали смо у гимнастичкој сали, где смо вежбали доскок, затим нешто теорије о слетању са ветром у леђа и, на крају, паковање падобрана. Све је ишло сјајно док у октобру, на дан када је на Бутмир слетео авион из којег је требало да искочимо, није почела киша. Скокови су отказани, а несуђени скакачи су били провозани круг изнад аеродрома. Чинило им се да је 500 метра ништа, руком да дохватиш!

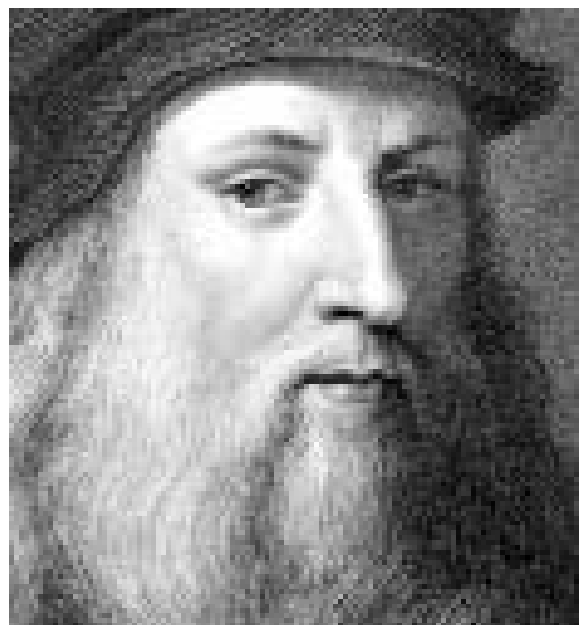
Дечачке снове о летењу у Сарајеву пратила је збиља. У пролеће 1947. почиње да се гради пруга Шамац-Сарајево, а у склопу ње бригадирима је нуђено да похађају једриличарски курс. У ту сврху на Мојмилу је постављен ојачан шатор са две једрилице. Наставник Словенац учио је дечаке за почетак да рулају ваздухоплов пре полетања, а једрилицу је по узлетишту вукло затегнуто гумено уже по принципу праћке.

Седнеш на пилотско место, увезу те појасевима, палица се држи напред, а глава је наслоњена на конструкцију због трзаја. После неколико рулања како је било договорено, ја сам палицу потегао мало ка себи и одлепио једрилицу једно три метра изнад глава другова. Када сам слетео, добро сам изгрђен, али вредело је. Први сам узлетео у генерацији – говори Хрисафовић.

...Први једриличарски теоретски курс био је у пролеће 1948. и оцењен сам само као “добар”. Поред Мојмила, “радничког ваздухопловног центра”, почео је да се гради и Бутмир, Ваздухопловни центар БиХ. Лето 1948. проводио сам у Сарајеву, а да не би много

ОДАВНО САМ ЗАПАЗИО ДА УСПЕШНИ
ЉУДИ РЕТКО СЕДЕ И ЧЕКАЈУ ДА ИМ
СЕ СТВАРИ ДЕШАВАЈУ. ОНИ ИЗАЂУ И
ДЕСЕ СЕ СТВАРИМА.”

Леонардо ДаВинчи



лутао, отац ме је уписао на курс руског језика. Језик сам знао од раније, наиме у Београду током окупације моји родитељи, бринући се да не тумарам превише по граду, пронашли су ми и “хоби” – то је било учење баш овог језика. Часове је држала Анита, другарица тетке Дивне која је имала 18, а ја 11 година. Како сам научио језик сведочи чињеница да када су ме неки Руси, 1944. у Београду нешто запитали на улици, и када сам им одговорио, почели су да ислеђују моје родитеље да ја нисам можда “совјетско дете” некако залутало у Југославију.

У Руском дому у Сарајеву на курсу језика Ненад је затекао шест другова из гимназије и из Једриличарског клуба. Били су годину старији и скојевци. Сви су били заинтересовани за летење и планирали да после матуре буду послати у Совјетски Савез на студије. Гого Јовановић, Мидхад Фетахагић, Коста Продановић, Огњен Кузимић, Добриша Вајнер, Пеђа

Костић... Сви ови дечасти имали су више-мање револуционарни педигре, јер су долазили из партизанских породица. Њихова једриличарска обука би се обављала на тек изграђеном Центру БиХ на Бутмиру, и могло се рећи да су били “перјанице” омладинског ваздухопловства. Ненад се није интересовао који је то пут којим се са Бутмира иде у Русију на школовање.

Летња школа једриличарства 1948. почела је 2. јула на Бутмиру, а ја сам ове младиће последњи пут видео 28. јуна. У Аероклубу Горчин Јовановић ме је, том приликом, одвео на страну да “ми објасни” ситуацију и отприлике је рекао: “Ти ниси добар омладинац и не заслужујеш да заједница троши новац на твоје образовање. Зато не идеш са нама!” Остали су гледали и ћутали. И ко ме заменио? Брат народног хероја, Мидхад Фетахагић...

“Ниси добар и не заслужујеш”, ове речи су биле жиг на души Ненада Хрисафовића. Можда најсудбоноснији!

Враћајући се кући ишао сам поред Миљацке. Сузе су ишле саме. Љут, разочаран, бесан понављао сам: Видеће они ко сам ја! Једноставно сам знао да не заслужујем да се кроз живот возим у “другом разреду”... и да тај други разред не би требало да постоји у бескласном друштву!

Тада, 28. јуна 1948, родио се онај Ненад Хрисафовић који сам данас. Од онда, гони ме нека жеђ за успехом, комплекс да прескочим или боље речено да савладам све препреке. На стручном пољу, наравно. Радио сам и радим како то треба, а не дозвољам да неко, најмање незналице или каријеристи ниподаштавају мој рад. Сваки проблем током више од 40 година инжењерске каријере решавао сам, углавном решио и стао иза решења – вели Ненад. – Пратила ме је репутација да сам опасан, али и незамењив у улози која ми је поверена.

А за “случајност кажу да је начин на који Бог људима говори да постоји”. (Алберт Ајнштајн)

На случају Хрисафовић то је изгледало овако:

Дан или два после “удеса” са друговима скојевцима, обрео сам се на сарајевском корзу. Негде у висини радње тадашњег сајџије Копелмана, наишао сам на Хасана – Хуска Ђука, младића нешто стријег од мене који је радио као кројач. На великом часовнику Копелмана било је, мислим, 20.15 када ми се Хасан похвалио: “Ја сутра одох први пут на летење. Мојмило, једриличарски центар, отвара од 14 часоба па до увече и за нас, радничку омладину!”

Моји су се спремали на море за Цавтат, први пут после рата. Кревет је обезбеђен и за мене, а воз је кретао за два дана. У ноћи када сам у 20.15 чуо за Једриличарски курс, сковао сам план.

Ненад је поранио то јутро. Уз комад хлеба, трамвајем до задње станице па пешке узбрдо стигао је до хангара на Мојмилу. Иво Пухлин инструктор тек се пробудио.

Враћајући се кући ишао сам поред Миљацке. Сузе су ишле саме.

Љут, разочаран, бесан понављао сам: Видеће они ко сам ја! Једноставно сам знао да не заслужујем да се кроз живот возим у “другом разреду”...

Могу ли на летење? Можеш са групом!

У ваздухопловном послу обично већина ствари се завршава на земљи. Код једриличарства барем пет-шест људи мора да опслужује летелицу коју по слетању треба догурати на стартни положај и то тако да се крхка конструкција не оштети. У групи сам био седми али није још било сигурно да ли ћу полетети.

Не знам одакле ми је пала на памет идеја да слажем родитеље, али сам са том намером отишао у Рејонски одбор Народне Омладине. Срео сам момка кога сам познавао по надимку Кнез:

Можеш ли ти, друже, отићи код мојих кући и испричати им како Рејонски одбор води децу на море, а ја сам вам, наводно, потребан као “одрастао” и “озбиљнији” да се старам о деци.

Вала, богами би нам ти и требао, али за озбиљно – одговорио је он. Ипак, превара је договорена.

Нешто касније по подне, сакривен испод степеница свог стана, Ненад је слушао Кнеза у драмској улози:

„Другарице Десо, требао би нам Ненад да децу поведемо на море. Ето, приближило се, а ми инструктора пливања немамо“.

Не знам, друже, ако се он сложи – одговорила је мајка.

Отац, мати и сестра су путовали два дана касније. Кључ је остао код Ненада. Он, вели, ни сам није знао шта би са њим.

Одмах по одласку родитеља, ја право код стрица Ђеће, и тамо затекнем стрину Сару.

Она ме је баш волела али и ја сам знао да је убедим...

Стрина, ја остах сам у Сарајеву а своје сам слагао да ћу на море. Моји планови су другачији. Ти си увек подржавала младост и снове, па сад реци!

Договор је био да Ненад спава код Ђеће, а да му Сара свако јутро спрема ручак. Тако је било десетак дана, док рођаци нису пошли на планиран одмор, такође на море.

Дошло је време да признам и инструктору Пухлину. За првих десетак дана курса у хангару на тишљерском столу показао сам се као вредан и вешт. Радио сам припремајући “ломнице”, дрвене осигураче којима се везују елементи једрилице, а које су се често ломиле код тврђих слетања. Бактао сам се око каблова и Иви Пухлину сам се учинио употребљивим.

...Друже, Иво, ја сам у ствари побегао од куће да бих летео. Моји не воле опасне спортове, а ја знам да једриличарство то није. Сад је мој посао обављен, а ви, ако можете, примите ме да спавам у хангару.

Добри човек Иво не само да је примио једриличара “шегрта” на конак, него је из базе у Бутмиру и наручио оброке и за њега. Тај јул будући конструктор неких од моћних летелица 20. века провео је међу крилима ваздухоплова.

Нас седморица били смо раја у оном смислу речи какав се у Сарајеву употребљавао до 1992 – сећа се Ненад. – Рула се и лети све више и више, сваког дана све до испита. Испит је био три лета од по 20 секунди, и један праволинијски од 30. Међутим, пре њега, морали смо испећи прве кораке у пилотском занату.

Тада нисмо имали летачке кациге па је послужио заробљени италијански шлем. Наиме, трзај који би летелица направила када би је гума избацивала био је велик, и била је потребна заштита за главу. Са друге стране, писта за слетање била је дугачка 200 а широка 100 метара. Као аеродромска ограда служила су кукурузна поља. Проблем је био власник њиве.

– Онај са шлемом ми поби сав кукуруз – жалио се мученик инструктору Пухлину!

Радничка омладина те године летела је на домаћој једрилици Врабац и немачкој SG 38. Испит на курсу са ознаком А завршен је на Мојмилу, а наставак инструктаже за виши степен био је на Бутмиру. Пошто је “раја” добро радила, у августу су прешли у Центар Бутмир.

...Сви смо били поносни на себе. Моји другови, углавном шегрти или радници у фабрици, поузимали су одморе да наставе летење, а моји су још били на мору. На Бутмиру је било пет, шест једрилица, сећам се да је ту била једна велика, немачки Ждрал. Имали смо и витло за избацивање у висину. Док се на Мојмилу рулало 50-так метара, овде се ишло 500. За два дана тамо имали смо довољно рулања и затим почели летелицу да одлепљујемо на метар, парирајући нагиб и ногама држећи правац. После смо летели на пет, па на десет метара, и све више.

За само недељу дана “кадети” су обновили испит А и кренули даље. Требало је савладати заокрет улево 90, па заокрет удесно исто толико. Испит Б се завршавао тако што је питомац морао да покаже да је способан да са једрилицом на неких 200 метра висине направи једну осмицу, и тако три пута, и да се сваки пут спусти на почетак писте.

...И онда доживим први “удес”. На витлу је био Стане Ханжић, и, ваљда се нешто запричао, те ме је откачио на већој висни од предвиђене. Кренем десно 90 и схватим да ми фали још један овакав маневар да слетим на писту. Изгубио сам пар секунди у размишљању шта да урадим, а шљивик крај Бутмира све ближи, иде право на мене. Ипак, нанишанио сам. Спустивши летелицу пре воћњака, усмерио сам је тако да је левим крилом закачила једно стабло. Десно крило је сломило друго дрво, а ја у кабини, по средини, био сам само мало угруван.

Кренем десно 90 и схватим да ми фали још један овакав маневар да слетим на писту. Изгубио сам пар секунди у размишљању шта да урадим, а шљивик крај Бутмира све ближи, иде право на мене. Ипак, нанишанио сам...

Док сам седео мало ошамућен у кабини, ка мени је трчао наставник Раде Томшић, на челу са целом групом. Искусно је оценио да ми није ништа и издао строго наређење:

Једрилицу пред кухињу (за потпалу), Хрисафовић у канцеларију! “Када си видео да си превисоко, зашто на време ниси донео одлуку да направиш још један десно 90?”, једино је било што ме је питао и сместа ми разрезао два дана нелетења. Запамтио сам за цео живот реченицу: “Ко хоће да лети, мора да буде спреман и да предвиди слетање!”

Крајем августа сам положио Б испит из једриличарства, средином истог месеца зарадио сам шамарчину од оца због којег ми и данас бриде образи. Владо се вратио раније из Цавтата и, када је схватио да ме нема, обишао је полицију и мртвачницу. Деси је јавио да тамо нисам, срећом!

Летење 1948. сам завршио 28. августа. Отац ми је некако опростио лажи, али и тврдо обећао: “Догодине, сине, нећеш!”



Међутим, у септембру опет породична драма. Дознам – идемо на скакање падобраном!

Почетком септембра 1948. смо били обавештени да ће скокови бити 5. септембра у Рајловцу, и да је паковање падобрана предвиђено за дан раније.

УКРЦАВАЊЕ Ненад иде на први скок

Ја сам, не сећам се више ни с ким (јер потребна су двојица за паковање куполе), и под контролом наставника, спаковао мој падобран. На крају, када је требало затворити ранац системом за отварање падобрана, установило се да ручице са сајлом и три “шпиљке” – нема. Нормално се тај систем смешта после отварања падобрана у специјални џеп помоћног, трбушног падобрана, али, што се тицало мог падобрана, тај џеп је био празан. Наставник се сетио да је у претходној серији скокова, у Титограду, једном падобранцу испала ручица при отварању падобрана и да је изгубљена. Он је отишао да потражи замену и брзо се вратио са системом који се разликовао од оног са ПД-6 у томе што су димензије ручице биле веће.

Доста тешко смо угурали ручицу у заштитни џеп на левој прсној гуртни падобрана, и наставник ми је скренуо пажњу да пред искакање, у авиону, извадим доњи део ручице из џепа. Ја сам то, имајући трему пред скок, заборавио, тим пре што је један падобранац, који је по тежини био постављен као трећи у другој групи (ја сам био четврти), активирао падобран у авиону да не би скочио. Тиме су ме још више приближили отвору на Ли-2

(врата су била демонтирана), и омогућили да видим земљу, која ми је изгледала ђаволски близу.

На 600 м је инструктор Аца Станић извукао осигураче из аутомата за присилно отварање падобрана који су се активирали на атмосферски притисак, и ставио у леву руку падобранца врпцу за активирање аутомата, који су радили на принципу хронометра (14 сек. после активирања које се вршило на вратима авиона) – што је био мој случај. Проверио је да сваки падобранац држи десном руком ручицу и да је она везана за шаку еластичном гумицом (да не би измакла из руке при отварању падобрана, као оном неспретњаковићу у Титограду). У левој руци врпца за активирање аутомата, десна “везана” за ручицу, потпуно сам заборавио да ту проклету ручицу морам делимично извући из њеног џепа.

Када је издата команда “Сприми се”, ја сам само устао са клупе и већ сам био на реду. На команду “Полази”, једва да сам закорачио, а већ сам видео сасвим близу Ацино лице који је у том тренутку активирао аутомат и викнуо: “Скачи!” Први се већ био одвојио, други нагнуо на вратима, а ја пошао за њим, и ето ме изван авиона, и шта сад?! На курсу су нам стално понављали: “Не вуци ручицу док ниси сигуран да су ти две ноге изван авиона”, и као прилежан ученик ја сам то себи стално понављао у авиону.

У паду, док ми је дошло из дупета у главу да су ми “две ноге изван авиона”, сигурно сам пропао бар тридесетак метара, а можда и више. Повукао сам ручицу, мало причекао (знао сам да је довољно повући ручицу 4-5 цм па да се ранац отвори), а оно ништа. Повукао сам поново, овог пута јаче, опет ништа. Трећи пут, слеђен од страха, повукао сам са обе руке, и бум! Падобран се отворио!

Кад сам се мало смирио и сместио ту проклету ручицу у за то предвиђен џеп (ни то није ишло лако,), погледао сам око себе и констатовао да сам добрих 150-200 м ниже од осталих! Тако сам се и први приземљио.

“Грозни моменти” у ваздуху су остали иза мене, али не и на земљи...

Те недеље, када смо скакали, Дивна, Деса и Владо су ишли на Требевић на излет. Наравно, нисам им рекао да идем да скачем, и касно по подне вратио сам се пре њих. Затекли су ме над тањиром док сам јео, а они, онако опуштени, од сунца поцрнели причају како су гледали да падобранци скачу на Рајловачки аеродром.

Гурнем раме са падобранском значком мајци. Шта је то?

Падобранска значка!

„Што се китиш туђим перјем?“ – рече прво, па онда јој глас пређе у врисак:

„Владо, он скак’о“!

Повукао сам ручицу, мало причекао (знао сам да је довољно повући ручицу 4-5 цм па да се ранац отвори), а оно ништа. Повукао сам поново, овог пута јаче, опет ништа. Трећи пут, слеђен од страха, повукао сам са обе руке, и бум! Падобран се отворио!...

ИНФОРМБИРО КОСИ СКОЈЕВЦЕ

Информбиро ме је “закачио” на крају шестог разреда, у који сам ушао 1947. Нисам ја “надрљао”, али догађало се то око мене. У главној улози нашли су се они скојевци, који су се спремали за Русију. Они су, у ствари, тог лета били у Вршцу и Руми, у пилотској и једриличарској школи, а на Бутмиру смо се виђали сваке недеље, када је било летења.

Информбиро ме је “закачио” на крају шестог разреда, у који сам ушао 1947. Нисам ја “надрљао”, али догађало се то око мене. У главној улози нашли су се они скојевци, који су се спремали за Русију

Људе у кожним мантилима, у чизмама са дубоком ресом и црвеним шаловима Хрисафовић је поново видео у гимназијском холу. Другови су, испоставило се, дошли због скојеваца који су, вероватно, негде нешто “ланули” о сукобу Тита и Стаљина. Наводно, направили су организацију “Млада гарда” по узору на Фадејевљевићеву књигу “Млада гарда”, која говори о комсомолцима који су се одупрли фашистима.

Отац Мише Вујичића радио је са мојим Владом, и тако сам из друге руке дознао за њихову невеселу судбину. То су били момци годину старији од мене. Све су их похапсили.

Митхад Фетаховић вратио се у школу после месец дана. Нама је испричао да је био болестан. Драго Леб је чуо да је његова мајка отишла код Родољуба Чолаковића и рекла му да ће се јавно обесити. Овој жени у рату је погубљен старији син, илегалац у Сарајеву, чија биста је била управо постављена у Градском парку. Извукао се и Добриша Вајнер, син партизанског команданта Славише. Њега су послали у Загреб. Остали, чији родослов није био толико “јак”, годину дана су невини провели на Голом отоку.

Са Горчином, који је унео прву праву горчину у мој живот, срео сам се у осмом разреду. Он је дошао са робије и заједно смо матурирали. Никада му нисам ништа рекао. Наставио сам да летим на Бутмиру да би уследио позив на школовање у Вршац. Као мач над вратом лебдела ми је најављена Владина забрана пилотаже од прошле године и сећам се да сам помислио – ето опет белаја!

Када сам одлучио да кажем породици да одлазим у Вршац, догодило се да на ручак дође пријатељ мог оца који се звао Драшко. Пре рата овај човек је имао понеки налет и покушао сам преко њега да убедим оца да ме пусти. Узалуд.

— Зобрањујем ти – рекао је Владо.

— Отићи ћу!

— Онда ти зобрањујем да се вратиш!

Узалуд је мајка плакала и убеђивала ме. Прошла је ноћ, свануло, а ја преко врата у чаршију. Тог дана сам, врзмајући се по граду, чврсто решио да путујем. Имао сам попуст на возну карту од 75 одсто, нешто уштеђевине, а догодило се да баш тада стигне угаљ за моју породицу, те су се отац и мајка нашли у послу напољу.

Уграбим, уђем кроз прозор ходника на терасу, па у собу, и на брзину спакујем што сам дограбио. Понесем и сведочанство о завршеној школи, да се нађе.

У Вршац је са мном путовао и Фетахагић. Договор од пре пар дана је гласио да наврати по мене када пође, па заједно да одемо до воза, али ја сам на то заборавио. Кад сам га видео у возу, испричао ми је призор из мог дома:

Деса ти је уплакана, а Владо лежи на сећији и чита књигу окренуту наопачке.

Познавајући оца, нисам се задржавао у купеу све док “ћира” није кренуо. Чекао сам скривен уз пругу и улетео тек када се композиција покренула. После 24 сата био сам у Београду!

Пре воза за Вршац, Ненад се поново обрео у Дечанској 2 код баке и деде.

Забезекнутој баки рекао сам да сам отишао од куће и да хоћу да будем пилот.

Пита ме она: – Шта ако те Владо више не прими у кућу?

Ја одговорим: Онда идем у војску да будем Титов официр. Зато сам и понео сведочанство!

Будућег инжењера у Вршцу је сачекао телеграм од оца: “Кући можеш да се вратиш, више нисам љут”. Недуго за тим, добио је још једно писмо.

Командант центра Паја Црњански ускоро ме је поново позвао у канцеларију и показао писмо од куће. Отац је писао Управи центра да је Ненад током пубертета имао “малу болест” и да је могуће да у ваздуху може бити опасан за себе и за друге.

Не шаљем те кући, идеш у Земун пред Војно-летачку комисију, на лекарске прегледе, па кад донесеш уверење, видећемо шта ћеш даље.

Преглед је био детаљан и дводневан. Лекари су обраћали пажњу на сваку ситницу. Пошто је то завршено и написан налаз, “пацијент” је са затвореном ковертом послат назад.

Наравно да сам отворио писмо одмах када сам га добио. Писало је “нема трагова болести”. Црњански је видео да је коверат диран, и само се намејао!

Три месеца у Вршцу учинила су да Хрисафовић постане прави пилот једриличар. Ту је први пут летео вучен аеро-запрегом, а догодило се да на једном лету остане у ваздуху пуних пет и по сати. Истог лета прошао је и курс акробација, наменски падао у ковит са летелицом... Како каже, ту су му се отвориле кључне тајне летења. На несрећу, био је сведок и удеса, судара две једрилице у којем је страдао пилот Никола из Вршца.

Наравно да сам отворио писмо одмах када сам га добио. Писало је “нема трагова болести”. Црњански је видео да је коверат диран, и само се намејао!

ПОВРАТАК у Београд. Хрисафовић отишао као дечак (на слици доле, са оцем), а вратио се као момак



У родни град Ненад је донео и снове за будућност. Аеро-клуб у Сарајеву није престајао да ради током рата, јер је НДХ форсирала ваздухопловство по узору на Трећи рајх. Пошто су у рату “компромитовани” ваздохпловци напустили град на Миљацки, остали су они који са фашистичким режимом нису имали ништа





„Све што је било везано за летење и небо магично нас је привлачило. Страх није било, а и ако јесте о њему се није говорило“



Јакша Минић, наш незморни шлепер, како на витлу, тако и на повратном витлу. Такође и у аеро-запрези и то не само са једном једрилицом, него и са две, истовремено. Мене је вукао са Storch-ом од Ливањског поља до Бутмира на Чавци, док је друга дрелица била Grunau-Baby. И поред свега тога, Јакша је био одличан механичар и авиостолар, чак и импровизатор замењујући на нашем Јеер-у батеријски систем паљења са магнетима авио-мотора Valter.



Бутмирски летачко – падобрански штаб. Присутни: Милорад Благојевић Благоје, Јоцо Стопар, Ненад Хрисафовић, Ђорђе Шавија Цике, Бранко Цмиљић Цмајо, ???, Хазим Селимић и Брацо Милетић



На Бутмиру се у реду чекало за било коју врсту летења



... Без мане и страха



Једрилица Чавка,
пилот Милена
Благојевић

...У Вршцу сам замрзео телеграме. После тог удеса, неколико сати касније, док ни ми људски нисмо успели да установимо шта се догодило, на аеродром су почели да стижу телеграми са “плаћеним одговором”: “Да ли је мој син жив?”

После матуре смо сви отишли право на радну акцију. Тада је то био услов да будеш добар академац – сећа се Ненад. – Добро памтим и копање темеља за фабрику крај Зенице дубоких пет метара и жуљеве које ми је направила лопата.



Морао сам у амбуланту, да санирам ране на отеченим шакама. Пред мојим очима управо пристигла бригада примала је вакцину. Свих 50 из једног огромног шприца, и са једном иглом. Рекох себи, идем код Владе у Сарајево. И заиста, лекар, кућни пријатељ, се клео да сам дошао у последњем тренутку да ми не секу руку!

Планове за студирање у Београду 1950. поквариле су ми две ствари. Рат у Кореји, због којег смо се и ми нашли у узбуни, и чињеница да нисмо имали новца за моје школовање. Стипендија од 1.000 динара, коју сам могао да добијем у Сарајеву, није била довољна. Некако сам попустио родитељима, и остао да у Сарајеву студирам грађевину, па, “пошто многи испити важе” и за аеронаутику, кад стане рат у Кореји, догодине ето мене у Београду!

...Дошла је јесен 1951. и, пошто сам исполагао све опште предмете плус Грађевинске конструкције и пројекат из Геодезије, саопштио сам оцу да идем или у Београд или у војску. Подсетио сам Владу да је и он хтео да студира технику али деда није дао, хтео је да му син буде чиновник! Био сам патетичан када сам рекао: Немој да понављамо породичну грешку!

— Немој у војску – казао је отац.

Владо се запослио исте године на додатном послу, као продавац опреме за физкултуру. Све што је тако зарађивао на додатном послу, слао је мени.

НА МАШИНСКОМ ФАКУЛТЕТУ У БЕОГРАДУ

Уписао сам трећи семестар београдског Машинског факултета, али ту годину сам пао! Имао сам положене опште предмете али ниједну вежбу, које су тада биле обавезне на престижној школи. Ипак, није ми то тешко падало. Као јуниорски првак Сарајева у скијању у дисциплинама смук и слалом “удомео” сам се у Скијашкој секцији Црвене звезде, а тада сам и први пут отишао у Лисичији јарак где је отворен Академски аеро-клуб. У ствари, била су два клуба, други је био Аеро-клуб Београд. Ту сам постао инструктор једриличарства аматер.

Хрисафовића за Лисичији јарак и за наставнички рад везују најлепше успомене. Факултет је ишао добро и “љубав” га је служила. Чак су и “другови” показали мало балгонаклоности према његовом грађанском пореклу.

Као наставник аматер у једриличарству био сам цењен. Сваке године сам школовао на двоседу Рода групу од седам ученика на витлу. На врхунцу инструкторске каријере 1957, у Аеро-клуб су дошла два клинца да се упишу. Један је био Миша Броз, син Јосипа Броза. Момци су питали да почну од јуна.

Мени су тада остала два испита. Један је био, испоставило се касније, веома важан за моју

Као наставник аматер у једриличарству био сам цењен. На “врхунцу” инструкторске каријере 1957, у Аеро-клуб су дошла два клинца да се упишу. Један је био Миша Броз...

каријеру: Статика авиона. Када су ме из Аеро-клуба позвали да питају могу ли да “прихватим” Броза, одговорио сам како верујем да ћу у мају положити испит и да ћу у јуну бити слободан.

“Другови” су, наравно, извршили проверу и на Машинском. Није било препрека да Хрисафовић учи Броза да лети.

То је био силан момак и добар кадет – сећа се Ненад. – Баш никада није помињао своје “племенито” порекло током боравка на аеродрому. После неколико дана заборавили смо и да се “штрецамо” због тога. Једног дана Миша је направио некакав ситан пропуст око одржавања једрилице, и због тога сам га послао да метлом чисти хангар. Баш тада бануше “другови” у ципу и нађоше га са метлом. Он се није пожалио.

Као једну од паметних ствари које је урадио док је био на факултету, Ненад издваја учлањење у организацију IASTE, која је настала у Чешкој. Ова студентска асоцијација, у ствари, бавила се међународном разменом студената технике. То је било време великог напретка у технологијама и будућим инжењерима је била важна та размена у пракси.

Група студената са мог факултета, партијци углавном, су се пријавили да иду у Немачку на праксу, док сам ја конкурисао на француском језику. Са факултета је прошло 18, 17 учлањених у партију, и само ја – ванпартијац. Верујем да сам “прошао” јер је требало да будем наставник Миши Брозу и да због тога Удба није била против.

Почетком јула Ненад се обрео у месту **Rueil Malmaison** у околини Париза, у конструкционом атељеу, где се радио специјални третман челика: каљење, цементирање,

термички третмани. У фабрици се радило у три смене, и недељом, и празником, и то је била прилика да се озбиљно заради. Студент из “пролетерске земље” у овом градићу се осведочио да “капиталисти” и нису толики злотвори и да плаћају добро и поштено. Прековремни рад био је “светиња”.

Тамо сам од зарађеног новца купио себи радио. Пазарио сам и баки мали радио, мајци бат... Остао сам у Француској током целог јула, августа, септембра, да бих се у Југославију вратио 20. октобра. На повратку сам обишао Венецију и спавао у њиховом одмаралишту за студенте, које се плаћало тако што бисте показали индекс. Капитализам ми се није показао као лош.

Био сам добар студент. Школовао сам се од очевог новца, а сам сам давао часове математике средњошколцима за матуру или због поправног. Ипак, одлучио сам да узмем



СКИЈАШ
Хрисафовић до
студентских
дана био
вечити други у
Алпском
скијању у БиХ

војну стипендију. У то време, они су тражили авио-инжињере, који по жељи могу постати официри, али и оне који ће радити као цивилна лица у армији. Потписао сам да будем цивилно лице у армији (у трајању од најмање шест година) планирајући и да упишем други степен студија. Дипломски сам изабрао код професора Ненадовића: “Једрилица, школско-тренажни двосед”.

За три месеца имао сам готов рад. Професор је био веома задовољан, добио сам 8. Време је било за још једну завршну “праксу”, а потом и да одем у армију чији сам цивилни стипендиста управо постао.

У Рајловцу, у Ремонтном заводу “Орао”, у ствари, био сам код куће. Завод се углавном бавио ремонтом авионских мотора, највише “Pratt & Whitney” од 2.100 коња, које су нам Американци дали за “тандерболте”. Други тип мотора на којима смо радили ревизију, били су од 450 коња RANGER, предвиђени за авионе који ће летели на мору на авионима трагачима за подморницама. Као инжењер на пракси радио сам прилежно, и то се допадало претпостављенима. Ту сам добио и први велики инжењерски задатак.

Хрисафовића је позвао управник завода, после једног удеса Тандерболта, коме је мотор отказао на полетању, а он се сурвао у Саву. Упитао га је да ли мисли да је способан да буде у комисији која испитује узроке удеса.

Мотор код Тандерболта сам познавао као џеп. На ремонтном столу ми смо се, у ствари, углавном и бавили њиховом демонтажом, ревизијом и поновним монтирањем. Знао сам “технологију” по којој смо радили, јер смо елементе свих мотора које бисмо ревидирали одлагали тако што смо њихове делове спаривали један са другим. Међутим, ти мотори нису били истих годишта, нити су имали исти налет. Американци су нам уредно послали радне књижице погонских група, а ознаке мотора биле су утиснуте само на картеру. Уместо

У извештају је остала последња рубрика:

Ко је одговоран?
Морао сам да напишем:
“Команда ратног ваздухопловства

да смо делове мотора сортирали по њиховим радним књижицима, ми смо правили грешке.

У извештају сам све ово написао, али је остала последња рубрика: Ко је одговоран? Морао сам да напишем: “Команда ратног ваздухопловства. Радилица на авиону који је пао очигледно је превише била израубована и дошло је до напрснућа и лома”.

Није ми замерено, извештај је прихваћен.

Школа резервних официра ваздухопловно-техничке струке тада се налазила такође у Сарајеву, говото у кругу Ваздухопловно-техничког завода. Из “Орла”, Хрисафовић је отишао у ШРО. Каже, када су ме, после праксе, у заводу видели онако ошишаног умало нису умрли од смеха.

Било нас је око 30 инжењера на обуци. Предавали су нам активни официри, од којих су неки знали мање од нас. Наравно, то је стварало и подсмех питомаца према ауторитетима. Старшина класе, официр Рончевић, убрзо је дотерао у ред инжењере са дигнутим носем.

Дешавало се да не поздрављамо официре у кругу. Наравно, они су се бунили, и то је дошло до Рончевића. Следећег дана марширали смо кругом, поздрављајући на све стране све у касарни што се миче или стоји. Када се официр уморио, окачио је шапку о један стуб, а ми смо марширали око стуба и подрављали. Треба ли рећи да сутра, када смо изашли у град, дизали смо шаку у знак поздрава и поштарима и полицајцима... У ствари, Рончевић нас је научио да поздрављамо униформу, а не личност.

Обука у Школи резервних официра ваздухопловних инжењера тајала је око пет месеци. Моја прекоманда је била у Церкље у Словенији. Нас тројица из Рајловца стигли смо у град на Крки, а сачекао нас је капетан Крпан. Амбициозан официр. Предложили смо му да на аеродрому направимо Конструктивни биро, пројекат радионице са алатима и столовима за рад на моторима, што је он одмах подржао.

Ненад говори да је у Словенији новом послу приступио озбиљно. И на овом аеродрому ваздухопловни инжењери су се бавили углавном погонским групама са Тандерболта, моторима **Pratt & Whitney** 2.100 коња које је добро познавао.

...Видео је да су у неким случајевима лежишта радилице мотора овог авиона прекривена благим слојевима олова, док је “композиција” лежишта била легура бабра и олова и

прекривена је танким слојем иридијума. Појављивање слоја олова је показивало јако преоптерећење мотора и ризик од његовог заривања. Дошао сам на идеју да би се праћењем стања обртаја током употребе мотора могла добити поуздана информација о историјату његовог функционисања и његовим тренутним перформансама. У то време пилоти који су гађали циљеве на земљи жестоко су форсирани моћне моторе и догађало се да они буду “релативно оштећени” и пре него што је то предвиђено у њиховим радним књижицама. Са великим одушевљењем смо радили на том пројекту, који, нажалост, није изведен до краја. Наиме, обртомери мотора били су везани електричном везом са командном таблом, а механичка веза би захтевала компликоване модификације везе обртомер-мотор.

Међутим, када говори о боравку у армији, Хрисафовић издваја другу причу. Увучен је у рат са војном бирократијом која је спроводила “државну политику”.

...Почетком службовања у Церкљу добио сам писамце колеге са факултета, са смера Опште Машинство, који ме је суптилно обавестио како су, изгледа, сви војни стипендисти, инжењери, по изласку из војске добили обавезујуће наређење да морају да се придруже армији у статусу официра. Тај пријатељ ме је обавестио да уз маршалов указ следује и знатна сума за куповину униформе, опрему домаћинства и др. За мене, ово писмо је било трауматично. Нисам хтео да будем Титов официр, уосталом, тако је гласио и мој Уговор о стипендирању са ВП 8115-12 Земун.

Ненад је написао учтиво писмо даваоцу стипендије. Вели, подсетио је да је 1955. потписао врло прецизан уговор, и указ из 1960. не може се применити ретроактивно. Пошиљка је отишла са “повратницом”!

После одређеног времена прво ме је позвао сав зајапурен капетан Крпан, скоро ван себе, и после “рибања” послао ме је у канцеларију команданта потпуковника Станка Вербића. Командант није могао да верује да се неко “супротставља” Службеном листу.

– “Ко си ти да одбијаш указ Маршала”, отприлике је гласио његов најјачи аргумент.

Потпуковник Вербић током разговора са Ненадом 1960. ипак је направио “грешку”. Док је рапорт трајао, на његовом столу стајала је плава коверта са јасано истакнутим деловодним бројем. Хрисафовић каже да је тада имао “одличне очи”.

Док сам био још у војсци, напишем Врховном војном суду писмо. Тражим да констатују да нисам обавезан да останем у војсци јер није ратно стање

Дан касније у гарнизонској архиви затражио сам на увид службено писмо које је гарнизон добио. Оно није било означено као војна тајна, те сам га преписао. Био сам љут, али не и уплашен. Поново сам писао у ВП 8115-12.

У следећем писму из Земуна било је још грђе. Стајала је и претња да “га као елемента треба држати на оку, укинути му све повластице”. Потпуковник га је испратио речима: “Иди, губи се”.

Ненад тврди да је те 1960. био спреман да поцепа маршалов указ ако га добије. Војска му се разголитила у простоти њених припадника. Није хтео да пристане да неко буде паметнији од њега јер носи звездицу више на еполети. Чињеница да му се писма отварају, па и она девојци у Београду, од њега је начинила човека спремног “да умре за своју слободу”. Кап која је прелила чашу његове огорчености био је покушај потпуковника да му под безазлени документ који је потписао 1960. доласком у Церкље, потури да се тада обавезао да ће после изласка из војске постати официр.

Док сам био још у војсци, напишем Врховном војном суду писмо. Тражим да констатују да нисам обавезан да останем у војсци јер није ратно стање. Они отпишу да нису надлежни. Тада, а и сада, према закону, суд је обавезан да пошаље ономе ко тражи надлежност и упут коме треба да се обрати. Проучавајући службене гласнике и доступне правне књиге, седнем тог августа, напишем жалбу Окружном суду у Београду.

ТЕШКА 1960.

Годину 1960. Ненад памти као најгору у животу. После шока који је доживео у армији у Београду га је чекао нови. Девојка, Убавка Јовановић, са којом се забављао од треће године факултета, је одлучила да га остави и да се уда да угледног глумца Стојана Д. Можда најцрње завршио је факултет, имао је уговор за посао на који није могао да оде као цивил. То су били дани живота када се први пут осетио заточеним у комунистичком кавезу у кафкијанском заплету из којег се излаз није назирао.

...Када сам 1960. дошао у Београд, веома брзо сам нашао старо друштво из Симине и Браће Југовића.

...Убавку сам упознао случајно у Сарајеву током студентских ферија, а зближили смо се када сам је замолио да ми у Београду после друге године пријави неке испите на факултету. Била је лепа, кокетна црнка, кћер генерала Арсе Јовановића, до 1948. првог Титовог војног стратега.

Данас када о томе мислим, емоције су другачије него пре 57 година. Тада сам био повређен због “неверства” али људски однос са Јовановићима сам већ тада одвојио од личне емотивне везе. Много сам им захвалан, јер су ми својом судбином указали на лицемерну монструозност комунистичког система - уређења које је себе називало најхуманијим на свету.

Ненад се сећа целе породице несрећног генерала. Познавао је, поред Убавке и њене мајке Ксеније, и Арсину мајку Зорку, затим Зоју, Убавкину сетру, као и три Арсине рођене сестре које су са њим 1941. из Пипера кренуле у партизане.

- Да је Убавка кћер Арсе Јовановића нисам знао док ми није показала слику свој млађе сестре Зоје. На тој фотографији њу је грлио један маркантан официр.



САБОРЦИ Арса Јовановић
и Јосип Броз заједно
прошли цео рат

- То је мој тата, Арса Јовановић - рекла је Убавка.

Ненад се сећа како је врло брзо постао драг гост код Јовановића који су живели код Ђерма. Мајка Сенка, а нарочито Арсина сестра Милуша су га заволели за те три године везе са Убавком. У више наврата био је сведок приче о њиховој трагедији која до данас није расветљена. Некада је причала Сенка, некад Милуша и Коска (Косара), а и Убавка када би чула новости о оцу несталом 1948.

Према породичном предању, Арсу су у партизане заврбовали Ђилас и Моша Пијаде. Он је из Македоније, где је краљевска војка неславно завршила Априлски рат, утекао у Црну Гору не намерававши да се преда. Пошто су га уверили да ће партизани остати да се боре у поробљеној земљи, краљев официр, пристао је да ратује са њима повевши у “војну” и супругу и рођене сестре, док је децу оставио код баке. Арсо је убрзо постао начелник штаба код Тита, а супруга Сенка шифрант у Главном штабу, заједно са Павлом Савићем, потоњим академиком и атомским физичаром.

Заиста сам био невољни сведок страдања Јовановића. Њихов погром је био страشان, немилосрдан, а завшен је комунистички лицемерно пошто је Јосип Броз “учинио Јовановићима да имају хлеба да једу”... У ствари помогао је вајар Антон Аугустинчић, тадашњи “дворски уметник” Броза. Он је поштовао Сенку још из партизанских дана, и отишао је до Тита да му саопшти како Јовановићи пате. Тито је потом послао ауто по њу, примио је у Маршалату и објаснио: “Ја са тим немам везе!” Није имао везе да удовицу генерал пуковника Арсе Јовановића, која је и сама Првоборац, нико не жели (или не сме) да запосли. А и није знао да када родитељ не ради, деца немају право на дечији додаток. Тек од педесетих година породица Јовановића је почела да примају државне надоканде за државни злочин у виду месечне помоћи из Маршалата.

Сенка се, причајући о мужу, увек враћала на бал организован по паду фашизма у Београду 1945. Том приликом Арси Јовановићу из СССР послат је висок војни орден који је до тада имао само Стаљин, а том приликом добило га је и неколико совјетских маршала. На балу,

Сенки је пришао руски генерал, претходно официрски пардонирајући Јовановићу, и замолио је за плес. Био је припит, али учтив. Током плеса јој је рекао на ухо: “Чувајте мужа убиће га ови...” Показивао је погледом у правцу Коче и Пека.

Одмах 1946. генерал је послат у Русију на школовање у трајању од две године. За време боравка у великој земљи радио је са маршалима Жуковим, Коњевим и другим на

Сенки је пришао руски генерал и замолио је за плес. Био је припит али учтив. Током плеса јој је рекао на ухо: “Чувајте мужа убиће га ови...”

проучавању битака које је Црвена армија водила током рата. Јовановић је држао низ предавања о партизанској борби и нашим искуствима. Вратио се пре Резолуције ИБ. Дан пре него што је убијен 1948, наводно на румунској граници, жени је рекао да иде на вечеру на Авалу и како се враћа тек сутра. Сенка је тада била у болници и Арса је дошао да је обиђе.

Како је после причала ова дубоко несрећна жена, о погибији супруга обавестио је Хрват Отомар Крајачић, тада генерал милиције. Дошао је код ње у болничку собу носећи са собом грану трешње са које је јео плодове пљуцкајући коштице. “Ми смо твог Арсу убили, хтео је да бежи у Румунију”, саопштио јој је џелатски мирно. Сво време је јео. Крајачић јој је објашњавао да би у “датим околностима” требало да се она одрекне супруга, његовог презимена па да добије пензије и школује децу. Поносна жена је то одбила и издржавала породицу распродајући имовину коју су још имали. Када су готово продали све, појавио се Аугустинчић.

Ненад Хрисафовић захвалан је судбини јер га је зближила са Јовановићима. Каже, управо Убавкин рођак, брат од тетке, “спасао” га је скоро од глади када је 1960. дошао из армије. Тај човек је и сам био демобилисани официр правне струке који је радио у предузећу “Иван Милутиновић”. У то време наша фирма је у Латакији радила на изградњи луке, и било је поребно израчунати оптерећења у штаповима решетке која је носила експлозивни чекић којим је забијала шипове у темеље великог торња. Првих 30.000 динара зарадио је “хонорарно”, да би затим отишао да буде предавач у Средњој теничкој школи “Петар Драпшин”. Предавао је хонорарно предмете мотори СУС и Машинске елементе. Потом га је професор Ненадовић са факултета позвао да ради у Аеро-тунелу, хонорарно, али као инжењер.

Тако је почео професионални узлет.

Ко зна шта би, ипак, било да Окружни суд у Београду није скупио куражи да ме позове да се одлучује о мојој представи у вези са војном стипендијом. Дошао сам у судницу са тетком и течом, а са друге стране налазио се официр, “плавац”, из Правне службе армије....



БРИЉАНТНО Хрисафовић је одбранио дипломски на Машинском факултету



МЕНТОРИ Професор Мирослав Ненадовић и на слици доле уз професора Симу Милутиновића

Записничар је на том суду изнео резиме мог писма и упитао ме: “Имате шта да додате?” Додао сам да је на мене вршен констатан притисак док сам био у армији и показао препис писама које су добијали моји претпостављени из ВП у Земуну.

Друга страна, вели Ненад, тражила је на суђењу да плати штету која је настала што се нисам вратио у Завод “Орао” после изласка из војске. Одговорио сам да нема закона који обавезује неког да се врати на радно место после изласка из војске. На моју претставку копије писама које су моји претпостављени примали из ВП 8115-12, они су изјавили да нема доказа да су та писма написана. На то је судија рекао да би у том случају требало званично изјавити да деловодни регистри наведени у копијама не постоје... и питање “неписаних” писама је скинуто са дневног реда. По питању исплате примљене стипендије, судија је странке упутио на другу парницу, а о дилеми “обавеза или не” донета је пресуда у Ненадову корист. Војска се жалила вишим инстанцама: Врховном суду Србије и Савезном врховном суду. Узалуд.

Дошао сам као хонорарни инжењер у Аеро-тунел код професора Ненадовића, и сећам се да ми је плата била 18.000 динара, док су асистенти имали 28.000

Желим да додам да је комплетна сума, примљена као стипендија, враћена Армији. Прва награда за једрилицу двосед на Конкурсу ВСЈ је била више него довољна.

Дошао сам као хонорарни инжењер у Аеро-тунел код професора Ненадовића, и сећам се да ми је плата била 18.000 динара, док су асистенти имали 28.000. На пролеће 1961. Ваздухопловни савез Југославије је расписао Конкурс за тренажне једрилице једносед и двосед, и када сам то чуо, знао сам да ћу проћи са неком наградом. Са пријатељем Васом Степановићем сам изнајмио, за после подне и вече, просторије Конструктивног бироа Моделарског института и почели смо да радимо. Рок је био три месеца, и требало је дати главни цртеж, прорачун да је то изводљиво, и направити макету. Шифра пројекта је била 0703 - то су била последња четири броја моје личне карте.

ЦИРУС ЛЕТИ У ИСТОРИЈУ



УСЛОВИ Конкурс
расписан за пројекат нове
Југословенске једрилице

У ТТЗ (Техничко-тактичким захтевима, тако се звало у ЈНА) конкурса, који је расписан почетком 1961, за стандардну једрилицу једносед и школско-тренажну једрилицу двосед, двоседу су наметнута четири следећа захтева које је требало испунити ако се хтело остати у оквирима конкурса:

- Двосед је морао дозволити варијацију центраже која одговара тежини пилота у предњем седишту од 55 кг са падобраном до 110 кг и без додатка допунског баласта у случају “лаког” пилота.
- Обавезни централни точак (или точкови) морао је бити постављен иза тежишта једрилице са посадом и испред тежишта празне једрилице. Ово је објашњено жељом да се олакша манипулација једрилицом на земљи
- Носива структура трупа је морала бити изведена као решетка од варених челичних цеви.
- Услови димензионисања једрилице двоседа (домени лета у бури и у маневру, оптерећења у аеро-шлепу, на витлу и др.) су морали одговарати норми О.С.Т.И.В. (Organisation Scientifique et Technique de vol á voile) установљеној специјално за стандард класу једрилица једноседа!

Урадио сам следећу конфигурацију.

ЗАХТЕВ 1:

Неопходно је поставити другог пилота у тежиште једрилице које одговара тежини два стандард пилота (90 кг са падобраном). У том случају тежиште једрилице ће варирати само са варијацијом тежине предњег пилота (55кг и 110 кг са падобраном). Резултат је био да крило једрилице мора имати стрелу, било позитивну, као код двоседа Ждрал, било негативну, као код двоседа Стахановац, Бергфалке, Бреге 904, Бреге 906, Кошава и др. У наведеним случајевима, стрела крила није елиминисала, него само смањивала утицај

првог пилота на уздужну стабилност и маневрабилност једрилица. Она је вероватно била и довољна, јер никаква норма им није наметала пилота “55 кг са падобраном”. Ја сам се одлучио за негативну стрелу, јер је она гарантовала добру видљивост из задњег седишта, што није случај са позитивном стрелом (давао сам довољно “дуплих” на Ждралу, да бих могао да колеге-наставнике изложим напорима да обавезно лете без кабине и да, и поред тога, имају лошу видљивост при слетању, које треба да изврши ученик, а не наставник).

То није било без последица - требало је решити питање стабилности и маневрабилности једрилице око вертикалне осе, јер дугачки предњи део трупа и негативна стрела крила јако дестабилизирају. Пример је био Кошава, где је Миша Илић решио проблем, али тангентно и где покушај да се повећа површина вертикалног репа повећањем површине вертикалног крмила није имао готово никаквог утицаја (Миша је то одмах предвидео, али тадашњи Једриличарски институт при СВЦ: Мордеј, Сарадић, Комац... су мислили друкчије и “пробали”). Анализирао сам параметре Кошаве и одредио за Цирус укупну потребну површину вертикалног репа, однос површине крмила и стабилизатора и аеродинамичку компензацију крмила померањем осе обртања. Мислим да сам постигао да Цирус буде задовољавајуће стабилан у предвиђеним конфигурацијама и условима лета и добро маневрабилан.

Један детаљ: ВОЦ је направио читав низ летова да провери очигледан факат да једрилица, иако веома стабилна, је толико маневрабилна да је градијент угла скретања по углу отклона крмила једнак јединици, тј. да отклону крмила за, рецимо, 10, одговара скретање једрилице за 10 (и чак мало више!). Тај је податак посебно наглашен у извештају ВОЦ.

ЗАХТЕВ 2:

Ту није могло ништа да се уради, требало је задовољити ТТЗ. То је једрилицу коштало финесе, нарочито изнад 110 км/х, јер да би једрилица могла нормално да полети (посебно у аеро-вучи), морао сам да поставим крило у односу на труп са конструктивним углом од 4°. Уместо да тај угао буде одређен тако да при нападном углу оптималне финесе крила, труп буде у положају минималног отпора, требало је обезбедити довољан узгон крила за полетање при брзини вуче од 1,2 Vs! Шта да се ради....

ЗАХТЕВ 3:

ТТЗ конкурса су недвосмислено наметнули да носива структура трупа једрилице двоседа мора бити изведена као решетка од варених челичних цеви. То се није могло дискутовати и свако друго предложено решење, базирано на озбиљној анализи и аргументацији, није имало саговорника и значило би излазак из расписаног конкурса.

То ме није омело да истражим разлоге те клаузуле и није било компликовано наћи их. У време када су конкурсни захтеви формулисани, последњих година пете деценије (1950-1960), постојала је нека врста моде или боље речено копирања, да се у конструкцију нових једрилица уведе као конструктивно решење метална решетка. У томе су предњачили

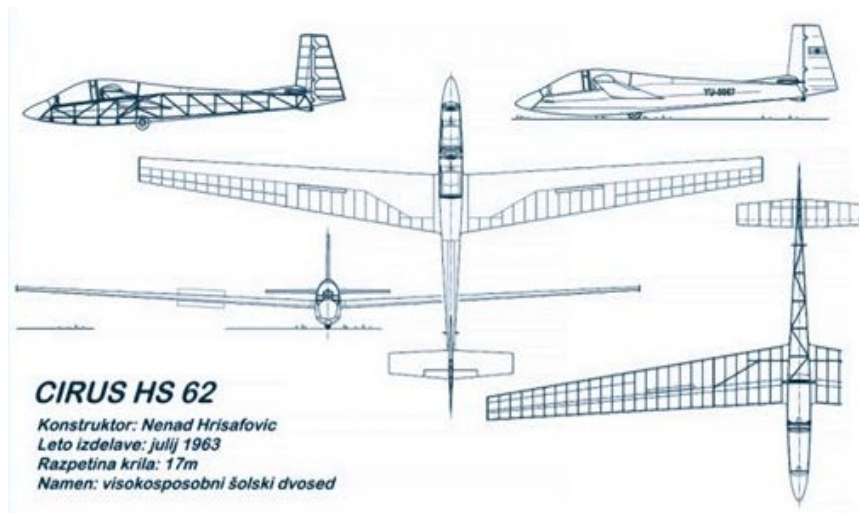


РЕШЕЊЕ Хрисафовић са макетом Цируса 50 година пошто га је направио

Ја сам то искуство после више година применио при конструисању француског акробатског авиона CAP-20, и на остале који су следили, и успех, такође, није изостао.

Немци. Читав низ њихових једрилица је имао труп изведен од заварених CrMo цеви. Било је чак и високоспособних једноседа као што су Зугфогел III, Л-Спатз 55, М 22 итд. Што се тиче двоседа, списак је знатно дужи. Довољно је само поменути Краних III, Спербер, Бергфалке II/55 и К 7 Ронадлер. Њима су се такође придружили Французи са Васмер WA 30 Бижав, Бреге 902 и Бреге 906 А Шука (само централни део трупа са два пилотска седишта и везом крило-труп)*. Није чудно да је у таквом конструкторском амбијенту инж. Борис Цијан, главни редактор ТТЗ, наметнуо и будућим југо-двоседима металну решетку као конструктивно решење носиве структуре трупа. Ово тим пре што је Летов већ следио раније тај правац са двоседом Летов 22 и са, у том тренутку већ у градњи, новим школско-тренажним двоседом Либис 17.

Од 1950 до 1960 постојала је нека врста моде да се у конструкцију нових једрилица уведе као конструктивно решење-метална решетка





Монтажа Цирус XC-62 пре првог лета (18. 07. 1963.)

Остало ми је да се приклоним и да конструишем конкурсни примерак двоседа под називом XC-62 Цирус ("XC" као Хрисафовић-Степановић) задовољавајући све захтеве ТТЗ. Када је прототип полетео и показао све своје летачке и експлоатационе квалитете, када је са успехом завршио сва испитивања у ВОЦ-у и затим и експерименталну обуку почетника у БиХ (у Ливањском пољу) и у Словенији, и када је било јасно да ће Цирус бити проглашен победником конкурса у такмичењу са другим изведеним прототипом, Либис 17, употребио сам све расположиве аргументе да убедим ВСЈ да финансира конструкцију једрилице XC-64 Цирус, серијску верзију двоседа која би имала труп од носиве љуске и која би у потпуности одговарала свим осталим условима конкурса. Радови на конструкцији су почели у пролеће 1964. Васа Степановић је конструисао нову кинематику команди у трупу, поклопце кабина и инструмент-табле, такве какве су после изведене у серији. Први примерак једрилице је предат Комисији УЦВ средином јануара 1965, и полетео је неколико недеља касније. Пробни пилот је био Руди - Хала Берковић.

Хоћу да напоменем да је мој први конструкторски задатак у Француској, у марту 1965, био да реконструишем труп једрилице Бреге 906 А, да избацам постојећу решетку и уведем хомогену структуру носиве коре типа sandwich-klegcell као и прерачунам и евентуално локално ојачам све елементе једрилице у сагласности са новим француским прописима AIR 2054. Искористио сам ту прилику да "изфризирам" облик предњег дела једрилице у стилу Цирус. Та варијанта једрилице носила је назив Бреге 906 Б Шука. Статичке пробе за сертификацију су извршене са успехом 1966. године.

ЗАХТЕВ 4:

Да услови димензионисања елемената носиве структуре једрилице морају да задовоље норму OSTIV-а су логични када се ради о једрилици тзв. стандардне класе (једносед размаха крила 15.0м, стајни трап фиксан, без флапсова или слотова, са класичним

аеродинамичким кочницама итд.) јер су ти прописи и посебно написани за ту категорију. Наметнути ту норму једрилици већих димензија, и посебно већег размаха крила, је несхватљив поступак чије последице се крајње неповољно одражавају на све перформансе, јер претварају летилицу у више-мање летећу пеглу! Сигурност од лома у лету је знатно повећана, али на уштрб минималне вертикалне брзине пропадања, минималне брзине у лету, дакле, и брзине слетања и полетања. С обзиром на то да маневарска брзина лета, а тиме и брзина лета у узбурканој атмосфери су утолико веће уколико је повећана брзина слетања V_s ("брзина губитка брзине"), једрилица је изложена све већим оптерећењима, јер се прописани "удар буре" дешава при све већим брзинама.

ВТИ у Жаркову је извршио 1967. статичку пробу једног цирусовог крила. Крило је пукло на 1,55!

Колики је тај прописани "удар буре"? За горе наведене немачке једрилице, норма по којој су димензионисане BVS прецизира 10 м/сек, енглеска BCAR 20 м/сек и ОСТИВ 30 м/сек за брзину лета од приближно 150 км/х, било која да је норма! Дакле, за Цирус удар термичког стуба има у центру вертикалну брзину од 30 м/сек! То је довело до сигурних оптерећења од +6,3g и -4,1g. Желим да подсетим да сигурна оптерећења за димензионисање акробатске једрилице МАЧКА су + 6,5g и - 3,25g! Захваљујући наметнутој OSTIV норми,

Цирус је у погледу чврстоће пуноакробатска једрилица. Али донекле и летећа пегла, јер рачунам да смо изгубили на тежини бар 40 кг, ако не и више. Као да стално имамо укрцаног и трећег пилота од "55 кг са падобраном" или оговарајући баласт воде у резервоару који не можемо да испразнимо....

Једрилица није била предимензионисана у односу на тако прописана оптерећења. ВТИ у Жаркову је извршио 1967. статичку пробу једног Цирусовог крила: оптерећења (момент савијања, момент торзије и трансверзална сила) који одговарају +6,3g су уведени у структуру крила све до лома, који није смео да се деси код коефицијента сигурности мањег од 1,5. Крило је пукло на 1,55! Званичан извештај ВТИ, који ми је био достављен у Француску, одаје признање прорачуну крила једрилице.

Да питам, као што сам се увек питао, шта би било да су Бланик и Либис 17 морали такође да задовоље норму OSTIV? Само, њих је избегла та судбина. Ниједан купац не би могао натерати Бланик да сагласи свој домен лета са OSTIV нормом. Та једрилица је таква каква је, сертификовна је и произведена у великој серији. Што се тиче Либис, он је био већ у градњи кад је конкурс расписан и у погледу чврстоће он је сигурно одговарао некој норми, али не оној ОСТИВ. УЦВ, у недостатку југословенских норми, признавао је све постојеће у свету, али под условом да сви захтеви, сви параграфи, једне исте норме буду задовољени. Што се тиче конкурса, то је био домен ВСЈ и његових специјалиста. Инж. Бориса Цијана, између осталих.

У глобалном поређењу између три наведене једрилице, Цирус је на неки начин, ако не испао "грбав", оно био је пенализован применом наметнуте и неадекватне норме.

Напоменућу да је норма OSTIV била са правом наметнута у условима конкурса једноседима Тренер и Делфин, јер се ради о једрилицама стандардне класе.

ИЗБОР АЕРОПРОФИЛА ЗА КРИЛО ЈЕДРИЛИЦЕ ЦИРУС ХС-62

Узгонске површине једрилице су изложене у току лета аеродинамичким и инерцијалним силама и моментима. Да би се избегле компликоване и тешке носиве структуре, некомпатибилне са улогом једне школско-тренажне једрилице, неопходно је обезбедити висину локалних пресека носиве структуре у компромису са аеродинамичким отпором једрилице. Искуство је показало да минимална и још примењива висина локалног аеропрофила крила (осим на самим крајевима узгонских површина) не треба да буде нижа од 12% дужине локалне тетиве.

С обзиром на то да сви случајеви лета, прописани у нормама за чврстоћу, морају бити покривени отпорношћу структуре, важно је имати на уму да и померање центра потиска усвојених аеропрофила треба буде што мање. То доводи до захтева да аеропрофили са малим коефицијентима аеродинамичког момента Сто имају предност при избору. То је редовно случај када се ради о аеропрофилима хоризонталног и вертикалног репа, али то је веома сложен проблем што се тиче аеропрофила крила једрилице.

Избор аеропрофила је вршен идентификујући у стручној литератури серије разних аеропрофила (често пута приказани као правоугаоно крило виткости 5 или 6) упоређујући њихове следеће карактеристике:

У погледу перформанси једрилице:

$$\begin{aligned}C_z &= F_1(\alpha) \\ C_x &= F_2(\alpha) \\ C_z^3 / C_x^2 &= F_3(C_z)\end{aligned}$$

У погледу чврстоће и крутости структуре: Сто и $(d/l)_{\max}$

Аеродинамичке карактеристике аеропрофила, које су резултат испитивања у разним аеродинамичким лабораторијама-тунелима, а чији резултати могу бити кориговани за поређење применом тзв. Јакобсовог броја, одговарају скоро сви ефикасном Рејнолдсовом броју $MRe=8$. Само, дијапазон MRe бројева аеропрофила у корену крила "Цируса" је у лету од 2,7 до 4,4, и на крају крила од 0,9 до 1,8! Ово је случај и са многобројним класичним аеропрофилима (G 533, G 549, G 682, NASA 4412, NASA 43014, M 12, RAF 34 итд) који су примењени на познатим једрилицама као што су Орао 2С, Кошава, Боцијан, K7 Ronadler и други и сваки пут је остајало на конструктору да процени колико су смањене аеродинамичке карактеристике уочених аеропрофила одабиром на стварне Рејнолдсове бројеве у лету. Извесни емпиријски обрасци постоје за класичне аеропрофиле, али они у најбољем случају могу само да дају ред величина и ништа више.

Ја сам релативно брзо, још у току припреме претпројекта-одговора на расписани конкурс, напустио идеју да употребим класичне аеро профиле за крило Цируса.

Ја сам релативно брзо, још у току припреме претпројекта-одговора на расписани конкурс, напустио идеју да употребим класичне аеропрофиле за крило Цирус-а. Прво, јер за изабрану концепцију (с обзиром на усвојени размах крила) перформансе нису биле задовољавајуће, и друго (а то је било и пресудно), што наметнута оптерећења OSTIV прописима су захтевала висину дрвене рамењаче крила већу од расположиве дебљине једног класичног и перформантног аеропрофила! Како није било ни говора да конструишем металну рамењачу у дрвеном крилу једног школско-тренажног двоседа, требало је ићи на аеропрофиле чија повећа релативна дебљина скоро да и не повећава њихово трење, и који имају веома интересантне аеродинамичке карактеристике, знатно супериорније од оних класичних аеропрофила. Зато сам у претпројекту Цирус-а изабрао, константан уздуж целог полуразмаха крила, аеропрофил НАСА 63з618 (Серија 63, узгон оптимизације аеропрофила $C_u = 0,6$, минимални отпор (“грба”) аеропрофила у дијапазону 0,3 тј. од $C_u = 0,3$ до $C_u = 0,9$, релативна дебљина аеропрофила 18%). Тај аеропрофил је био већ употребљен на једрилицама Метеор (релативна дебљина 15,5%), Slingsby Skylark 1, итд, као и на Либис 17!



ХРИСАФОВИЋ наставник летења на свом Цирусу

То је значило, такође, напустити класичну технологију градње (Weihe, Kranich II, Кошава и др.), јер ламинарни аеропрофиле захтевају стриктно поштовање теоретске контуре.

Остало је још једно битно питање: понашање једрилице при критичним нападним угловима, у праволинијском лету, и у кружењу. За један школско-тренажни двосед је било императивно да једрилица толерише грешке пилота без

сваљивања на крило и без некомандованог улаза у ковит. Неопходно је да при критичном нападном углу, када локални коефицијент узгона достигне највећу могућу вредност, тј. максимални узгон локалног аеропрофила, да се прво одвајање струјница деси у близини трупа, и да у домену крилаца локални коефицијент узгона буде знатно мањи од максималног угона локалног аеропрофила, тако да постоји извесна резерва носивости од $C_u = 0.3$ (ред величине) у случају да пилот да нагли отклон елерона “надоле” спољног крила (у заокрету), да се једрилица не “свали” у ковит. Да би се обезбедиле такве и сличне ситуације, неопходно је смањити нападни угао тог дела крила, било геометријским витоперењем, било применом неког другог, толерантнијег аеропрофила, било и једно и друго.

На пример, Кошава, која има два “устрадавана” аеропрофила у свом полукрилу G 549-M (модификован Миша Илић) у корену, а на крају крила ЦАГИ 731-M (такође модификован Миша Илић) има резултантно витоперење од $- 4^\circ$. Метеор, који има константан аеропрофил дуж целог полуразмаха крила НАСА 63з615.5, има витоперење $0 - 1,5^\circ - 0$ (тзв.

повратно витоперење). Али треба имати на уму да ни витоперење не решава све, јер треба водити рачуна о сопственој карактеристици аеропрофила када се пређе критични нападни угао. Има аеропрофила код којих је пад узгона изванредно бруталан, има их код којих се та појава дешава на мање драстичан начин. НАСА је идентификовала четири начина пада узгона и сваком од многобројних аеропрофила који су изашли из њених лабораторија је додељена класа: било А, Б, Ц или Д.

Био сам спреман да у току развоја Цирус-а одредим оптимално витоперење, како у аеродинамичком, тако и у фабрикационом погледу. Мислио сам да је витоперење неизбежно с обзиром на изражено сужење крила ($l_c/l_0 = 0.4$), дакле, и на пад максималног узгона аеропрофила у зони елерона услед малог локалног Рејнолдсовог броја, када сам, готово случајно, налетео на један чланак проф. Вортмана из Високе техничке школе у Штутгарту, који је рачунски, а затим и експериментално, успео да “исфризира” горњаку носа аеропрофила који сам изабрао за Цирус, тако да тај аеропрофил, чак при нападном углу од 25° и више, одржава свој максимални C_u константним! После провере, одлучио сам да усвојим тако модификован аеропрофил и да не витоперим крило, иако су све рачунске аеродинамичке анализе показивале да је критична тачка (чак и зона) одвајања струјница на крилу око 75% полуразмаха, у пуном домену елерона.

Са неким уобичајеним аеропрофилом Цирус би, у превученом лету, ишао из сваљивања на крило у сваљивање на крило и са мало отклона крмила правца, у ковит, али Ворманова модификација је учинила да је уочена расподела узгона по размаху крила постала сасвим прихватљива.

Одлука је спроведена у дело и мој сарадник и пријатељ Васа Степановић је, како је само он то знао, прецизно “иштраковао” контуре свих предвиђених ребара крила на специјалној недефомабилној фолији. Алати за израду ребара ламинарног крила Цирус-а су ушли у фабрикацију.

Мој избор сам приказао колегама који су радили на једноседима Тренер и Делфин, и они су, такође, одлучили да усвоје за њихове једрилице исти аеропрофил.

Потврда о правилности избора није изостала када је, за време првог лета прототипа ЦИРУС 62, 18.7.1963, пробни пилот Руди Берковић, одмах после откачињања од авиона, довео једрилицу на критични нападни угао. Она је, уместо да се свали (макар лагано и контролисано) на крило, “парашутирала” са пуном палицом на стомаку, док је остала потпуно управљива по нагибу и по правцу. Такво понашње су потврдили сви следећи летови, како у СВЦ, тако и у ВОЦ. Тиме је избор аеропрофила крила за школско-тренажни двосед ЦИРУС 62 био дефинитивно потврђен.

Аутори ДЕЛФИН-а и ТРЕНЕР-а, чије су једрилице још биле у градњи, су били ослобођени сумњи.

Што се тиче хоризонталног и вертикалног репа, симетрични аеропрофили из серије НАСА 000 су потпуно одговарали намењеној сврси.

Главни стајни трап и предња дрљача задовољавају захтев ТТЗ да празна једрилица лежи на репној дрљачи, а са предњим пилотом на предњој дрљачи.

Овим су све модификације на ХС-62 завршене и једрилица је испоручена ВОЦ на детаљна испитивања у лету. ВОЦ је констатовао да једрилица одговара свим захтевима OSTIV у погледу понашања у лету у прописаном домену померања центра тежишта, и да има посебно сигурно понашање у превученом лету.

После ВОЦ, једрилица је пребачена на летење у Ваздухопловну школу Београд, а затим на експерименталну обуку у БиХ, у Ливно, и потом у Словенију.

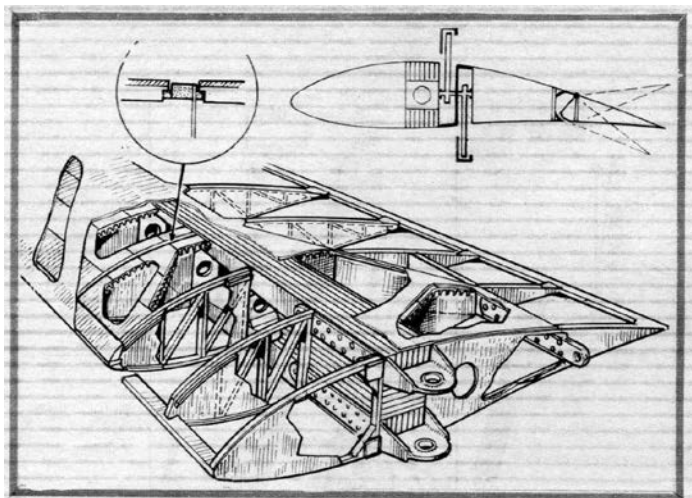
Ја сам прелетео Цируса у аеро-запрези из Лисичјег јарка у Бутмир 4. јула 1964. Пилот реморкер је био Густав Ајдич. Откачио сам се изнад Мојмила на отприлике 2000 метара висине и кружио изнад падине на којој сам, на гуми и једрилици Врабац, положио А испит 16 година раније, такође у јулу, 1948. године. Прошетао сам се мало изнад Сарајева, мало изнад Требевића, затим, до Илиће и, паралелно са бутмирском пистом, а изнад Жељезнице, “насвирао” Цируса на неких 200 км/х, извукао једну оштру шанделу изнад Храснице, и, са потпуно извученим аеродинамичким кочницама, слетео на Бутмир поклопивши скоро крилом слетну тачку. Док су ученици и наставници трчали према једрилици, на брзину сам обрисао образе; рекло би се да су ми се очи нешто “ознојиле”.

Мислим да ми је то био један од најлепших дана у животу: вратио сам се у Шехер после толико година, испунивши младалачки сан да постанем ваздухопловни инжењер, да конструишем једну једрилицу и да се са њом вратим у мој родни град, на мој Бутмир, међу моје јаране.

НЕКОЛИКО РЕШЕНИХ ТЕХНОЛОШКИХ ПРОБЛЕМА НА ХС-62

Избор ламинарног аеропрофила за крило једрилице је био неопходан, али и храбар скок у непознато.

Ламинарни аеропрофили захтевају прецизно поштовање њихове контуре у изради крила и стабилност облика и глаткоћу површине, без најмањег таласа целог крила, не само на земљи, него и у лету, у целом домену лета, под дејством аеродинамичких и инерцијалних



сила. Контура аеропрофила је морала бити поштована до бар неких 50% локалне тетиве, тј. нешто иза положаја максималне локалне висине аеропрофила.

Требало је обезбедити са једне стране локалну стабилност оплате крила под оптерећењем, тј. избећи појаву било које врсте таласа уздуж локалне тетиве, дијагоналне таласе под 45° у пољу између ребара и, такође, појаву уздужних таласа између ребара, која је карактеристична чак и за неоптерећено крило, за класичну технологију градње крила (Ждрал, Ваја, Кошава и др.). Захтев за то је био једноставан: “Локални критични напон на смицање оплате треба да буде једнак или чак већи од ломног напона (на смицање, на истезање) у пољу”. “Бити већи од ломног напона” је чисто теоретска визија појаве, али то значи да оплата, ограничена са четири стране крутим ослонцима, мора бити изванредно крута.

То је лако рећи, али како постићи, нарочито у тадашњим југо-условима и могућностима? А такав је управо био захтев ТТЗ ВСЈ.

Без велике међусобне измене обавештења, све конструкторске групе су се бациле на



решавање проблема. Ја сам лично покушавао да употребим једини расположиви и веома мале специфичне тежине материјал, стиропор, покушавајући да на разне начине стабилизујем не само поље од брезове лепенке, него и сама ребра крила која је требало да гарантују поштовање форме локалног аеропрофила.

ЉУБАВ аутор је пратио сваки тренутак у изради свог пројекат

Као асистент Машинског факултета и инжењер у Аеротехничком институту истог факултета, користио сам, у ограниченим оквирима, присуство двојице аеро-столара и макетиста да реализујем неколико макета једног одсечка правоугаоног крила (рамењача, нападна ивица, шест ребара тетиве 150 мм) покушавајући да на разне начине уградим између ребара блокове (пуне или олакшане) стиропора, да их лепим на бочне стране ребара и, затим, служећи се ребрима као вођицама, обрадим стиропор (на разне начине) на тачан профил. Преко стиропора бих, затим, лепио танку оплату и, најзад, проверавао компаратером тачност аеропрофила у пољу између ребара. У таквој конфигурацији стиропор је требало да стабилише оплату и повећа њене критичне напоне.

Резултати су били разочаравајући и репродуктивност између две идентичне макете равна нули. Показало се оно што смо и раније наслућивали: стиропор није материјал у механичком смислу речи: његова специфична густина варира у повеликим границама, такође и модул еластичности (ако се та карактеристика материјала уопште може везати за

име стиропор), а о дозвољеном напону на притисак као карактеристици материјала не треба ни говорити. Ради се о материји произведеној на начин како се пеку кокице, и може бити добар само као амбалажа, заштита неког осетљивијег производа од потреса и удара у транспорту.

Шта нам је друго остало као могуће укрућење оплате крила? Нама је био расположив само један материјал: дрво, и то у облику фрезованих ребрастих дашчица које су углављене између ребара и обрађене на тачну контуру употребљавајући ребра као вођице алата. На ту поткору је лепљена лепенка, и тако добијени композит је изванредно крут и, имајући критични напон, виши од напона лома. Тако формиран торзиони кесон крила подноси изванредна оптерећења, као што се може видети на слици зоне лома крила Цируса (последница статичке пробе крила у ВТИ).

Рамењача, а тиме и крило, је попустила при ломном коефицијенту $j = 1,55$ (што је веће од прописаног 1,50!) под комбинованим оптерећењем момента савијања, момента торзије и трансверзалне силе (случај лета у бури $n = 6,3 g$), али торзиони кесон крила са поткором је остао “у комаду”.

Та технологија је већ употребљена на крилу једрилице Орао 2С, који, међутим, има класичне аеропрофиле у свом крилу и примена ребрасте поткоре могла би се објаснити не толико жељом да се поштују контуре тих аеропрофила, колико жељом да се ојача торзиони кесон крила који је, услед велике виткости крила и мале релативне дебљине аеропрофила, скромних димензија, а мора да поднесе високе тангенцијалне напоне.

Треба додати да чиста стуктура крила, чији је торзиони кесон изведен на горе наведени начин (без окова везе крило-труп, крилаца, аеродинамичких кочница и унутрашњих механизма у крилу) има специфичну тежину (ред величине) од 10кг/м². То није баш мало...

МАКЕТА
Хрисафовић по
завршетку
предпројекта



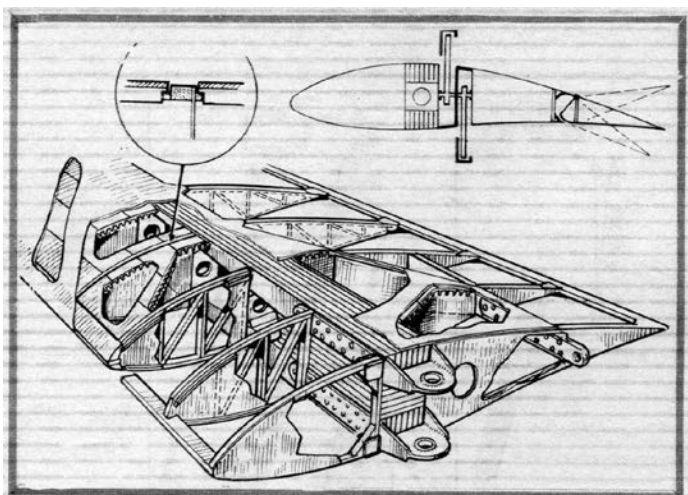
Следећи технолошки проблем је била концепција и реализација окова главне везе крила-труп. Васа и ја смо се одлучили да се веза сваког полукрила налази изван трупа, и да у трупу рамењачу замени једна посебно смишљена решетка (горњака и доњака у трупу су

изведене из челичних CrMo цеви 60x3 мм, дијагонале и вертикале решетке цеви од истог челика 15x1,5 мм или слично) на чијим екстремитетима су углављени и везани попречним завртњима трупни окуви везе крило-труп. Таква концепција је омогућавала повлачење другог пилота знатно иза нападне ивице крила у корену крила и олакшавала његово постављање у тежиште једрилице.

Сами окуви везе крило-труп у трупу су уобичајеног виљушкастог типа, између чијих образа (горњег и доњег) се увлачи хоризонтална плоча окува крила. Проблем је био у реализацији окува крила. Тај оков, један везан за горњи и други за доњи појас рамењаче крила, је веома сложеног облика: две вертикалне плоче које обухватају један појас рамењаче, и за коју су везане завртњима, су повезане у једну целину хоризонталном плочом у чијој средини се налази рупа за пролаз сворњака везе крило-труп. Ако се желело да такав оков буде реализован на фрезерици, операција би била веома скупа и не би могла да буде реализована, за разлику од окува у трупу, у ВТЦ. Ми смо желели да сви метални елементи једрилице, па и главни окуви везе крило-труп, буду обавезно фабриковани у ВТЦ, и да тиме фабрикант буде потпуно независан од било каквог спољног произвођача.

Дакле, одлучили смо да главни окуви крила везе крило-труп буду реализовани из челика CrMo 1452.4 варењем, и затим каљењем на 105 kg/mm². Прорачун самог окува није изазвао критике Комисије УЦВ, али сама концепција је проглашена "храбром и неуобичајеном". У једном моменту је било чак и речи о некој евентуалној статичкој проби на коју сам реаговао са "чик!" Коначно, ствар је легла. Желим да додам да су сви прописи и препоруке о варењу ваздухопловног материјала били стриктно поштовани и у концепцији и у реализацији.

Најзад, у жељи да извучем од перформанси оно што је могуће извући, затражио сам од Васе, великог махера за кинематику команди, да предвиди горњу и доњу плочу аеродинамичких кочница на истој осовини (како је то и уобичајено), али да одвоји на осовини носаче плоча једне од других, да бих могао да убацам у крило један "Z" зид који би, са одговарајућим заптивањем пролаза осовине кроз тај зид, онемогућио (или бар знатно смањио) измену притиска доњака-горњака. То је на прототипу коректно урађено, али, нажалост, нисмо имали могућност да извршимо мерења у лету локалних притисака на горњаки и на доњаки, и да тако проверимо ефикасност тог решења. Само, кад помислим



да је било високоспособних једрилица код којих су конструктори, да би избегли ту паразитску измену притисака, заменили аеродинамичке кочнице репним (и неувлачећим) падобраном!

КРИЛО Решење на Цирусу

ПОНЕШТО И О ЦИРУСУ ХС - 64



Већ на самом почетку конструисања Цирус ХС-62, коме је наметнута конкурсним захтевима реализација трупа из челичних варених цеви, показало је да такво конструктивно решење лоше одговара домаћим условима експлоатације и оправки.

Пре свега, производња цеви од висококвалитетног CrMo челика (челик 1452.2 према DIN) је сложена и захтева специфичну регулажу инсталација за извлачење цеви, и то за сваки од наручених пресека (D, e).

У случају да је наруџбина ограничене количине производа, цена испорученог материјала може да буде изванредно висока. По ономе што смо сазнали, цеви за реализацију прототипова *Либис 21, Илинденка II и Муња, као и серијских примерака Летов 22, су део преостале количине цеви, које је у своје време ЈРВ наручило за фабрикацију авиона Курир.

И цеви за труп Цирус ХС-62 су испоручене из истог извора. При прорачуну трупа је требало водити рачуна о расположивим димензијама пресека, и само је њих требало узети у обзир.

Сама производња решетке трупа захтева солидне и добро смишљене алате. Ти исти алати би служили и за поправке оштећених решетки и у многобројним случајевима би требало варити два, три, па и више пута исти чвор штапова, што захтева висококвалификоване вариоце као и, по ваздухопловним прописима, периодичну проверу њихове умешности.

Јасно је да су у таквом контексту све интервенције или ситне оправке на решетки у оквиру једне аероклупске радионице незамисливе.

Један од примера који сам навео друговима из ИО ВСЈ је случај колеге, наставника једриличарства из Сомбора, Јеврема Татића. Њему је у току лета са учеником на Роди отпало крило на отприлике 80 м. Обојица су, наравно, погинули. Доцније је установљено да је вар ушке везе крила-труп на решетки трупа при варењу - прегорео!

Довољно је рећи да је ВСЈ дао своју сагласност за финансирање и реализацију једног дрвеног трупа од носиве љуске на који би се монтирала крила ХС-62, и који би, осим природе материјала за труп, одговарао свим осталим елементима ТТЗ.

С обзиром на то да је извештај ВОЦ био веома позитиван у погледу понашања једрилице ХС-62 у лету, нисмо сматрали потребним да интервенишемо у аеродинамици једрилице. У погледу структуре командних површина смо унели само извесне измене на хоризонталном репу.

Уместо из једног комада, хоризонтални реп је састављен из две полутке које су насађене на снажну торзиону цев која је уграђена преко окова-носача лагера у ојачани оквир трупа. Статичка компензација је изведена помоћу тега у трупу.

Преносни однос реп-тримери је фиксиран на $K = 1$.

Труп има исту бочну површину као и површину хоризонталне пројекције. Све локалне висине и ширине трупа су узете као велике и мале осовине локалне елипсе. Изузетак је у сасвим предњем делу где је велика осовина локалне елипсе узета са цртежа, јер је предња кабина "уштракована" у труп. Та измена форме је помогла да се предњи пилот нешто помери унапред, што је ослободило довољно места да се за другог пилота уграде ножне педале типа Ваја. То би требало да умногоме повећа комфор другог пилота.

Поклопци кабине по облику представљају део елипсе који се континуално уклапа у пресек и облик трупа. Одвојени су за предњи и задњи пилотски простор, док се између њих налази један елемент везан за таблету на којој се налази инструмент табла другог пилота.

Веза крило-труп је осигурана у трупу преко центроплана-решетке, која се монтира у труп "као фиока" између два снажна оквира-кесона и везује се за њих уз помоћ два цилиндрична сворњака, чије је лежиште ојачано бронзаним чаурама одговарајућег пречника. С обзиром на то да се лежиште цилиндричних сворњака налази у неутралној оси центроплана-решетке, сворњаци преносе из крила у труп само трансверзалну силу; моменат савијања крила остаје у центроплану-решетки и не преноси се на труп. Оквири-кесонису димензионисани искључиво на трансверзалне силе које оквири преносе на оплату трупа.

Исти принцип сам применио на главној вези при реконструисању француске једрилице Бреге 906 Шука Б.

Ја сам релативно брзо, још у току припреме претпројекта-одговора на расписани конкурс, напустио идеју да употребим класичне аеропрофиле за крило Цирус-а.

Неопходно је поменути да сам, у односу на XC-62, подигао целу везу крило-труп, дакле, и само крило у односу на труп за 90 мм. Разлог је био тај што је на претходном Цирусу, који је био чист средњокрилац, растојање између најниже тачке доње плоче аеродинамичких кочница, у случају “кочнице извучене и крило на земљи”, и терена било релативно мало (око 15 цм, ако се добро сећам). Неко (не сећам се више ко) је приметио да у вантеренском слетању на грбавији терен, и у тренутку када крило једрилице падне на земљу, је “довољан један крвичњак па да ми одвали плочу аеродинамичких кочница”. Подизањем крила за 9 цм и с обзиром на “В” облик крила, добио сам растојање плоче кочнице од земље веће од озбиљног крвичњака. Истина, могао сам ограничити ход извлачења кочница, али, како је последњи део хода био и активирање кочнице у точку, мануо сам се таквог решења.

Само, та иницијатива није прошла без последица, и то су показала мерења у лету. Према извештају ВОЦ, приликом испитивања у лету једрилице XC-64, уз све повољне констатације, појавила се и једна “црна тачка”: једрилица се, у погледу уздужне статичке стабилности, понаша помало као висококрилац!

О чему се ради? Једна крилата летилица, која задовољава критеријуме стабилности у целом домену режима лета, није увек исто стабилна: један нискокрилац је мање стабилан при високим нападним угловима, један висококрилац је мање стабилан при великим брзинама, а један аеродинамички (јер и труп ту игра неку улогу) средњокрилац је једнако стабилан при било којем нападном углу његовог домена лета.

Цирус XC-62 је скоро идеалан средњокрилац и криве испитивања показују практично никакве разлике положаја неутралне тачке за $C_z = 1,0$ и $C_z = 0,3$. Тиме је и конфигурација “пилот 55 кг са падобраном” доказана и покривена испитивањем у лету.

Цирус XC-64 се показао као дискретан висококрилац и криве испитивања у лету показују да је за најнеповољнији положај неутралне тачке меродаван лет при $C_z = 0,3$ и да би се поштовала усвојена резерва сигурности од 2% средње тетиве крила, најмања тежина пилота са падобраном је ограничена “према доле” на 62 кг! Надам се да није било много пилота-почетника на Цирусу 64 који су морали да пуне џепове каменицама - 7 кг живе ваге за 9 цм висине!

На трупу XC-64 сам увео оно што је било и на XC-62: два симетрична отвора у висини



седишта другог пилота који дозвољавају у лету приступ пртљажном простору који је уграђен у кесон нападне ивице крила (дубина 60 цм). Пилоту-наставнику увек је нешто потребно за дуге сате које проводи у задњем

ЛЕТ у ВОЦ, испитивање Цируса је било етаљно

седишту: чутурица са водом, сендвич, цигарете и др. Осим тога, ако постоји жеља да ламинарно крило буде ламинарно крило, треба негде ставити навлаке крила да га голубови и остале птице не “украсе” у хангару својим изметом.

Због тога сам сматрао навлаке крила неопходним.

Када је Цирус 62 отишао на испитивања у ВОЦ, скоро сам се закачио са тадашњим начелником, иначе одличним инжењером и финим човеком, јер сам му пребадио да су крила једрилице прљава, а да се навлаке налазе у крилу и, ако прљавштина нема никаквог утицаја на мерења стабилности у лету, то није случај са перформансама. Он ми је одговорио да треба имати у виду да аероклубови неће “тетошити” једрилицу, и да је боље

Молио сам Васу да провери у лету (ја сам већ био у Француској), у аерозапези, крутост трупа симулирајући почетничке грешке бочним трзајем сајле

дати им “средње” перформансе него перформансе “упицањене” једрилице. То ме је револтирало и упитао сам га да ли је са таквом логиком и под таквим условима извршено и мерење перформанси многослављеног авиона ГАЛЕБ 4?

Што се тиче трупа-решетке ХС-62, није било никаквог проблема извести између штапова и решетке одговарајући отвор. За труп ХС-64 је то била велика компликација, али и технички изазов: отворити труп-корито изложен хоризонталном и вертикалном савијању и торзији “случај аеровуче” (ломна сила сајле 1.200 кр, под углом 45 на страну и 45 надолу, колико се сећам), отворити га у пресеку у коме је труп већ отворен на доњаки на месту централног точка! Требало је за то бити тврда босанска глава,

бацити се на посао и урадити.

И урађено је, добро урађено. Молио сам Васу да провери у лету (ја сам већ био у Француској), у аерозапези, крутост трупа симулирајући почетничке грешке бочним трзајем сајле. Није ми посебно одговорио на то питање и закључујем да није забележио никакву негативну реакцију.

И најзад: предња и увлачећа дрљача. То је била моја идеја, јер анализом отпора новог трупа једрилице сам закључио да ако уклоним у лету тај ненеопходни додатак, могао бих рачунати на око једну тачку финесе једрилице више: прећи 30 и можда још мало више. Сматрао сам да тај добитак вреди напора и конструисао сам цео механизам.

Тражити ослонац у трупу није било тешко, јер сам у почетку конструисања увео у труп две вертикалне паралелне гредице које су ишле од укљештења у оквире-кесоне везе крило-труп, све до првог оквира трупа, и чија улога је била да носе у међупростору куку СВЦ4 за аеровучу, седишта два пилота, торзиону цев команде крилаца висине као и оков-носач централног точка. Тај кесон је имао и секундарну улогу ојачања предњег дела трупа у случају чеоног удара једрилице у неку препреку.

Механизам извлачења и у увлачења је био тривијални пример забрављивања у два екстремна положаја прелазом преко “мртве тачке”: сама скијица је могла да ротира око своје шарке причвршћене одмах иза куке за аеровучу. Једино нерешено питање је била ефикасност и отпорност гуменога амортизера чије ми динамичке карактеристике нису биле

познате. Тиме се нисам много ни бавио, с обзиром на то да је растојање између гредица у трупу дозвољавало да се угради и много шира скија са два амортизера упоредо, и чак три у троуглу (за то сам мање сигуран). Хтео сам да систем буде робустан и блокиран у извученом положају за летове обуке на витлу, али да се, чим се закачи какво успоно струјање, дрљача увуче.

Васа ми је писао (ја сам отишао у Француску чим сам предао УЦВ-у Цируса ХС-64 у јануару 1965, а први лет је обављен нешто касније) да је дрљача мекана “као Ситроен жабац”, али да се амортизер деформише у свим правцима и да му неће бити дугог живота. Не знам зашто предложено није урађено, нисам имао никаквих вести, али једног дана сам сазнао да Цирус ХС -64 има фиксну предњу дрљачу. Шта да се ради? Каже се: “Нестао кум, нема више кумства”.

* Споменуте једрилице су прототипови једног промашеног конкурса који је расписао половином педесетих година ВСЈ на захтев Једриличарског Института при СВЦ. Желео се, као 5-6 година касније, селекционирати међу изведеним прототиповима један школско-тренажни двосед који би заменио роду и ждрала и један једносед који би заменио Чавку, Грунау беби, Јастреба и Галеба, на који би ученик био лаширан после обуке на двоседу и служио за постизање диплома зв. “Ц” и ср. “Ц”. У штурим ТТЗ наметало се посебно:

Да труп буде изведен из заварених челичних цеви (већ тада!).

Да једрилице имају крило обавезно са упорницама (“због лакше манипулације по терену”!).

Ми, тада студенти и чланови аероклуба, звали смо тај конкурс “подупрти конкурс”. Ниједан од три прототипа (ја сам летео на “МУЊИ”, и не бих пустио било кога да на њој лети) није био изабран. Позитивни резултат конкурса је био двосед “ЛЕТОВ 22”.

ЦИРУС ХС - 64 ТАКМИЧАРСКА ЈЕДРИЛИЦА?



Што се тиче увлачеће предње дрљаче, било је како је било, Цирус ХС- 64 је изгубио нешто од финесе, али је, ипак, имао “свој дан славе”, како то каже Марсељеза. Наиме, како је категорија једрилица двоседа замењена на Светском једриличарском првенству новом стандардном петнаестометарском класом, опало је интересовање за развој високоспособних једрилица двоседа. Да би тој категорији, ипак, дали неко место у једриличарској хијерархији, аероклуб универзитетског француског града Poitiers (Поатје) је одлучио почетком седамдесетих година да организује “Европски куп једрилица двоседа”. Највећи број учесника се пријавио на једрилици М-200. Било је других типова, али не и онај најопаснији и најпознатији, Бреге 904, јер је њему баш тада било забрањено летење због масовног отказа крутих команди лета (као и једноседима Бреге 901 и 901S).

Неколико дана пред отварање купа, десио се један удес на двоседу М-200 у Салон де Провенце, чија је последица била забрана летења тог двоседа. То је, наравно, довело до одустајања већине учесника, тако да се “књига свела на три слова” тј. на четири учесника од којих је један ипак био М-200, али који је добио специјалну дозволу француског УЦВ. Помпезни “Куп Европе једрилица двоседа” се претворио у једно пријатељско, али оштро такмичење двоседа. Ту је екипа аероклуба Цеље на двоседу цирус ХС-64 освојила прво место. Цирус ХС-64 је описан овим речима:

Помпезни “Куп Европе једрилица двоседа” се претворио у једно пријатељско, али оштро такмичење двоседа. Ту је аероклуба Цеље на двоседу “цирус ХС-64” освојила прво место.

“...Цирус, који нема никакве везе са пластичним једноседом фирме Шремп - Хирт, то је двосед са седиштима у тандему, једрилица за обуку у перформантском летењу, без флапсова, чија стварна финеса је реда величине 36.”

ГОДИНА КОЈА ЈЕ БИЛА КАО ДЕЦЕНИЈА

У време када се Конкурс завршавао, стигла је и пресуда Врховног војног суда Србије да сам у праву у спору са даваоцем стипендије и некако ми се учинило и да је тај Дамоклов мач, који ми је висео све ово време над главом, нестао. Такође, на факултету је било све мање студената са именима Тошо или Војо, по правилу са тврдом црногорском акцентуацијом, а који су у претходном периоду били задужени за откривање “случајева или појава” који нису у складу са пролетерским моралом и комунистичком праксом.

ПРОСВЕТА
Ненад на
Машинском
факултету
радио као
асистент



Појаве? Имали смо, рецимо, колегилицу која је савршено говорила енглески језик. Да ствар буде гора, имала је навику да лети и зими на рукама носи дамске рукавице. Голуба, Воју, Тошу, то би због нечега “уједало” за срце, те би се међу студентима комунистима расправљало о буржоаској провокацији “другарице”. Мени се десило да на дан породичне славе на факултет дођем у сакоу и са краватом. То је био случај “мондена Хрисафовића”. Ипак, “случајева” је 1964. било мање, а дружења и поверења између партијаца и ванпартијаца више. Седели смо у Скадарлији, шетали Кнез Михаиловом, и то у великим групама. Браћа Кршић увек су били са мном. Било је и другова партијаца, али о идеологији и комунизму се није причало. Имали смо студентских и животних проблема. Будућност није изгледала рђаво.

У то време професор Ненадовић је расписао конкурс за асистента и добио сам то престижно место. Водио сам групу вредних и паметних младих људи и, када се осврнем, било је задовољство бити асистент тада на Машинском. Ипак, било је и “ситница”, таман онаких да упозоре на потуљену и скривену гадост “најправеднијег друштвеног поретка” на свету.

Баш тада, иако су изгубили судски спор око мог превођења у активног официра, неко се из земунске ВП досетио како да ми загорча живот. Из Команде РВ је упућено је званично

писмо на факултет како сам “нестао” после обавеза које сам Уговором о стипендији преузео и како су они чули да се “кријем” на Машинском. Ни више ни мање, тражили су од декана “да ме пошаље њима”.

...Душан Витас, тадашњи декан, био је ретко разуман и науци посвећен човек. Није се плашио бирократије, али ме је позвао на разговор. Однео сам сву документацију која је пратила спор са армијом и, после увида, Витас је диктирао секретарици у машину, и то преда мном: “Уважени другови, према документима са којима ми располажемо у вези са Вашим спором, друг Ненад Хрисафовић је у праву и он остаје на факултету”.

Тако су завршени званични притисци из војске, али не и друга подметања.

Мој студент Јевгеније поверио ми се после једних вежби и после неких критика на тадашњи његов студентски рад. Онако, добронамеран као што је рођен, признао ми је да је и он војни стипендиста и да су из армије другови тражили да им “призна” како ја “лажем” током вежби на војску. Тражили су му да потпише изјаву коју су припремили.

Нисам потписао, ја нећу да лажем - рекао ми је Јевгеније.

Тај момак ми је отворио очи, да ме без обзира на све и даље прате и чекају да ми “сломе ногу”!

Много тога из 1964. стоји записано у сећању српског космичког стручњака. Рекао би човек - година је трајала деценију.

Неки ђаво у мени сетио се у то време, изненада и ненајављено, да тражим одобрење за пут у Париз, на Сајам аутомобила. У захтеву сам написао да идем како бих видео шта има ново у свету ауто-аеро динамике.

Док сам чекао пасош, не надајући му се превише, у аеротунелу факултета радили смо испитивање последица дувања ветра на конструкцију Авалског торња, који је био у изградњи. Руководио сам тим испитивањима и добро се сећам како смо умањену макету торња “дували” користећи мултимикроманометар од 60 цевки за мерење локлних притисака ваздуха. Те цеви су биле напуњене водом, а ветар који је произвођен у тунелу потискивао је течност до “дуваних граница”, што смо бележили претварајући резултате у језик физике и математике. Проблем је био то што су испитивања вршена са много задатих параметара или праваца ветра, те се није најбоље видело до којих граница иде ниво воде у цевкама. Требало је обојити воду, али избећи да се талог боје појави у цевима микроманометра.

У то време професор Ненадовић је расписао конкурс за асистента и добио сам престижно место. Водио сам групу вредних и паметних младих људи и, када се осврнем, било је задовољство бити асистент тада на Машинском факултету...

...Враћајући се са једног таквог “дувања”, код баке у стану, стандардно завири у шерпу да видим шта се спрема, кад она кува цвеклу. Видим вода поцрвенала и сетим се муке са осматрањем цевки. Већ сутра убацимо обојену воду у микроманометар и добијемо прецизност. Искуства са “дувања” Авалског торња после сам применио на одређивање максималне дозвољене брзине приземног ветра, и тиме и уграђене амортизере у лансирне станице ЕЛА1 и ЕЛА2 у Француској Гијани. За испитивања у аеротунелу смо изабрали лабораторију Министарства грађевина у Нанту CTSB. За разлику од свих осталих аеротунела, CTSB је могао да симулира градијент ветра при земљи и његову турбулентност. Да бисмо имали поверења у добијене резултате, требало је поштовати захтеве симилитуде, тј. постићи у истом “дувању” компатибилност бројева Рејнолдса (Re) и Струхала (St). То нас је навело да наметнемо

ТОРАЊ Авласки
торањ прво
испитиван на
Машинском у
аеро-тунелу

макети ракете карактеристике које смо назвали “аероеластичне”, тј. еластичитет саме макете у размери са њеном изабраном величином у аеротунелу.

То је био велики новитет и карактеристике ракете су, под формом математичког модела,

изручени аеродинамичарима CTSB. Реализација макете је захтевала извесно искуство у прорачунима материјала композита у тражењу специфициране еластичности. Реализација је одлично успела, резултати парцијално проверени на самој ракети (“Ариана 3” и “Ариана 4”) и CTSB је формирао једну посебну екипу за испитивање еластичних макета дугачких мостова, високих градњи, као и ракете “Ариана 5”. На предлог CTSB, додељена ми је Медаља Clement Ader научног друштва SEPIN, које је основао Наполеон Бонапарта као базу за напредак и охрабрење француске науке и индустрије.



Упркос готово култном статусу асистента који је зарадио на Машинском, врата науке за њега почела су да се затварају. Наравно, професори су поштовали рад инжењера који је тако млад већ имао изведена два ваздухоплова, али нису се они питали до краја.

...На конкурс за трећи степен на факултету пријавио сам се скоро убеђен да остајем на магистратури. Професори Милутиновић, Ненадовић, Станков, дали су све потребне препоруке, али од руководства факултета стигало је “немушто образложење” да тренутно нема места у лабораторији, и да није могуће школовати стручњака мог профила.

Професор Станков, плаховит и праведан, какав је био, сместа је обишао лабораторије и вративши се на катедру констатовао је: “Ови лажу, места има колико хоћеш”.

Био је јун 1964. У Клубу наставника или зборници факултета седео сам у паузи предавања, када сам чуо разговор четворице колега: “Тај неће бити доцент па да положи и три доктората...”

У Клубу наставника или зборници факултета седео сам у паузи предавања, када сам чуо разговор четворице колега: “Тај неће бити доцент па да положи и три доктората...”

Ненад даље говори како га је разговор погодио, али не и отерао из Србије. Разумео је да нема за њега места на факултету, али свакако, више је волео да лети и да буде на аеродрому него у студентским амфитеатрима. Приликом посете Вршцу, где се управо правио један његов “Цирус” срео се са конструктором инжењером Дабиновићем, једним од очева авиона Аеро 2 и Аеро 3. У то време овај човек је био начелник за авијацију у Савезном секретаријату за саобраћај и везе.

...Упитао ме је да ли бих дошао код њих. Рекао је како им је неопходан инжењер више класе, уз то и наставник летења, и то за плату од 160.000. Нисам одмах одговорио, али сам му дао до знања да би ми конкурс који намеравају да распишу одговарао негде на јесен, када ми прође још шест месеци асистентског уговора.

Конкурс је расписан у октобру, а ја се нисам пријавио на Конкурс за реизбор асистента на факултету. Када ме је Ненадовић упитао зашто - испричао сам шта сам чуо међу наставницима. Мислим да је и он знао “да сам непожељан друговима”. Чувени професор је само са жаљењем слегнуо раменима. Био је ваљда свестан да “ако су другови одлучили, онда су одлучили”.

У међувремену, од резултата конкурса ништа. Телефонирам у Управу цивилног ваздухопловства – одговарају: “Ради се”. На нову 1965. одем у Сарајево и вратим се на Бадње вече. Чека писмо из УЦВ. “Ценили смо Вашу пријаву али је изабран друг са више искуства...” (Анекс 2)

Ненад додаје да се после дебакла на Конкурсу у УЦВ чуо са инжењером Дабиновићем. Дабиновић није имао шта да му каже сем да скрушено саветује да се јави Стипи Радићу у Осијек, где је била “команда” Пољопривредне авијације...

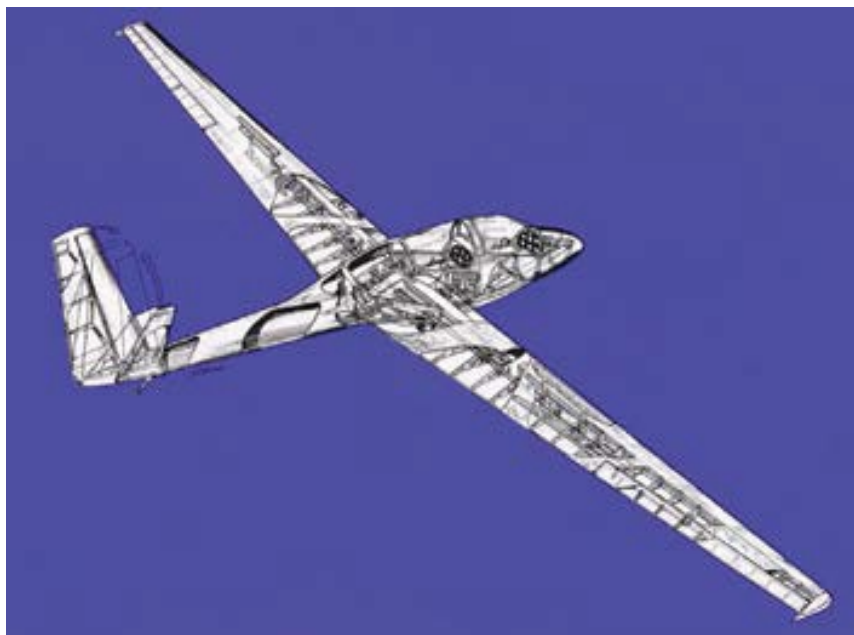
ОДЛАЗАК У ФРАНЦУСКУ

Био је 15. јануар 1965. Отишао сам на факултет и испразнио фиоке. Књиге сам вратио у библиотеку. Васи Степановићу, мом партнеру на Цирусу дао сам писмо са молбом да га пошаље мојима тек када пређем границу Југославије. У џепу сам имао 165 франака и 60 долара.

Једина адреса коју сам тада знао у Паризу била адреса госпође Едит, пријатељице моје тетке која је неко време живела и радила у Београду као члан француске Делегације за надзор пловидбе по Дунаву. Некада, та госпођа је живела код моје баке. Када сам јој дошао на врата, уступила ми је малу собу у свом стану одакле сам кренуо у нови живот.

Било је тешко. Кад год бих се јавио на неки од конкурса, испоставило се да је проблем у “црвеном пасошу”. Ја, у инат, нисам хтео да га се одрекнем нити “бацим”, како су ми неки предлагали.

Сетим се да је, још док сам био у Београду, париски часопис “Авијасион магазин” писао о “Цирусу”. Одем у редакцију.



БРЕГЕ
Француска
једрилица на
којој је радио и
Хрисафовић

Ненад се сећа како га је Лусијен Бјанкото, уредник за лаку авијацију магазина, лепо примила и одамах уприличила интервју са њим. Ова жена је помогла нашем инжењеру да упозна конструктора више једрилица познате француске фирме Бреге, инжењера Жана Кајлу.

Ствари су потом ишле жељеним током. Једрилица Бреге 906 је била његова прва прилика да се исказе.

Одем код Лусијен Бјанкото, удовице пилота у који је Чехословачкој погинуо спремајући се за такмичење. На столу, сећам се, имала је слику покојног супруга. Она је била у часопису одговорна за лаку авијацију.

Констатово сам да су прорачуни Шуке били интересантни, али и са грешкама. За пет дана за цртаћом таблом узео сам копије нацрта већ са идејом да је “грешка у решеткама”

Упознала ме је са Жаком Ганмбијем, уредником, а убрзо је изашао велики текст о Цирусу.

Догодило се да је текст наишао на добар одјек и да је Жан Кајла, шеф једриличарске дивизије Брегеа, прихватио мој контакт. То се догодило негде у фебруару 1965, а на ручку код Лијсјен ускоро смо за истим столом седели нас двојица. После угодних речи, али и неких стручних несугласица, дао ми телефон председника Федерације једриличарства, господина Мудрија, који је тражио инжињера да га извуче из проблема у који је запао.

Кајла је аутор, између осталих, и славних једрилица 901, 901S, 904, а и једрилице 905 Fauvette, која је по “полетању” зарадила најбоље оцене. Међутим, показало се да ови ваздухоплови почињу да отказују, односно да им опадају репови у лету и при слетању. Забележене су и прве погибије пилота. До тада је произведено око 50 ових ваздухоплова којима је у Француској забрањено летење.

Испоставило се да је Кајла, уместо завратања везе “лептирастих” репова, у ствари, лепио елементе - сећа се Ненад. - На дуралуминујум се лепила хрстовина, и то лепљење се вршило у ауто клаву. Затим то дрво лепило на друго дрво - оморика рамењаче. Приликом испитивања вршили су пробе старења али су заборавили да оков може да кородира, и да се реп “извуче” као рука из рукавице. Због низа удеса, летење на овој једрилици је забрањено.

Кајла је направио у међувремену и двосед, и та једрилица се показала као пријатна за летење.

Његова препорука ме је послала у Ремс, где је био Конструкциони биро. Ја сам отишао да видим проблем са једрилицом и констатово да су прорачуни Шуке били интересантни, али и са грешкама. За пет дана за цртаћом таблом узео сам копије нацрта већ са идејом да је “грешка у решеткама”. У Паризу, то сам саопштио Кајли за вечером, а он је отишао са Аугустом Мудру право у Технички аеронаутички сервис Министарства ваздухопловства (STAé). Тамо је овај мој претпројекат прихваћен и добио сам задатак да радим на “отклањању” мањкавости. Плата ми је била 2.000 франака месечно.

Ненад даље говори да је радио прорачуне, опште цртеже које је слао у Ремс на разраду за фабрикацију. Када су прорачуни завршени, слао их је и у Технички сервис Министарства ваздухопловства. То је предато пре полетања прототипа. Почели су у његовом атељеу за ревизије једрилица и дрвених авиона С.А.А.Р.Р. да граде делове за статичку пробу. Главна веза крило-труп и задњи део трупа са “лепир” реповима. Статичке пробе за сертификацију су завршене 1966. са успехом.

Мудри, који је опет доцније постао и власник предузећа, схватио је да би прерадом једрилице могао да “еволуира” у индустријалца. Потписао је уговор са државом и подигао аконтацију 30 одсто.

Хрисафовић се игром судбине сусрео и са новим изазовом. Да конструише нови пунокрвни акробатски авион наслоњен на летелицу CP-301 „Emeraude“ (смарагд). И то се указало ненадано.

Француска фирма SCINTEX, основана одмах после Другог светског рата, је радила и зарађивала производећи за француску аутомобилску индустрију, посебно за “Ситроен” и “Пежо”, комплете електричне инсталације жмигаваца за разне типове аутомобила.

Негде средином педесетих година власник фирме, пасионирани ваздухопловац, је одлучио да оснује огранак фирме под називом Scintex-Aviation са жељом да се баци и на производњу лаких туристичких авиона и елиса. Тако је конструисала и изфабриковала читаву серију елиса променљивог корака за југословенски војни авион Курир. Да би обезбедила нормално функционисање фабрике која је била базирана у граду Риом (департман 63, у центру Француске), фирма је решила да купи 1959. године лиценцу једног малог туристичког двоседа, конструисаног за аматерску градњу, CP-301 “Emeraude” од њеног конструктора Клод Пијела, талентованог техничког цртача, да изврши потребне студије, модификације и испитивања и да га сертифициује у категорији “U” и “A” - позитивне еволуције - према тада постојећој француској норми.

Тако дотеран и сертифициван авион је, под називом CP-1310 “Super-Emeraude”, произведен у 42 примерка, када је фирма Scintex одлучила да затвори фабрику и да остатак већ наручених авиона (неких 10 примерака), повери једној малој фирми у околини Версаја С.А.А.Р.Р. (Cooprative des Ateliers Aéronautiques de la Region parisienne) која се дотле бавила ревизијом структура једрилица и лаких авиона дрвене градње.

Амбициозни Мудри, који је такође био и председник француске једриличарске федерације је успео да добије наруџбину од француског Министарства ваздухопловства да преради и дотера прототип француске једрилице двоседа Бреге 906 „Choucas“ (Шука тј. Чавка), да је прерачуна по новој француској норми AIR 2054 и сертифициује статичким пробама нову структуру, што је управо радио Хрисафовић. Фирма Бреге је, у међувремену, затворила свој огранак за једрилице, а Бреге 906 је био сматран интересантан по својим летачким квалитетима као потенцијална замена већ мало застарелом двоседу Wassmer WA 30 “Bijave”.

Тако сам ја ушао као “ingenieur d’études” у С.А.А.Р.Р, почев од 15. марта 1965, и тамо затекао не само све што треба урадити на том двоседу једрилици, него и фабрикацију CP-1310 “Super Emeraude”, јер су у међувремену сви алати за фабрикацију и сви метални елементи за завршетак серије тог авиона (стајни трап, моторски носач, систем гипких команди лета и др.) били пребачени из већ затворене фабрике у Риому у Бен (Beynes), у С.А.А.Р.Р.

ПРВИ КОНТАКТ СА АВИОНОМ CP-1310

“СУПЕР ЕМЕРОД”

Поводом летова за реглажу команди лета и пријема првог испорученог CP-1310, пробни пилот фирме Scintex Robet Buisson (одличан пилот и фин човек) понудио ми је да извршим са њим један или више летова и да дам моје мишљење, с обзиром да моје искуство на Злину 26 и Јак-18, о том авиону.

Наведимо да CP-1310 има мотор исте снаге као Злин 26 (Злин 26: мотор Walter 105 KS, CP-1310: Potez 105 KS, у два случаја елиса је дрвена, двокрака, непроменљивог корака), а лакши је од њега празан за готово 60 кг (Злин 26: 505 кг, CP-1310: око 450 кг).



СМАРАГД од овог авиона Хрисафовић кренуо у авантуру CAP-10

Изашао сам из авиона са мешовитим импресијама: положај трупа авиона је, чак и у блажем пењању, помало пикирајући: горња површина капотажа мотора једва да тангира хоризонт, док у строго хоризонталном лету се налази добро испод хоризонта (доцније сам сазнао да је конструктивни угао крило-труп $5,3^\circ$). То је, наравно, кочило авион у лету и нарочито у прелазу у обрушавање. Крилца типа “Frise” су била веома ефикасна, понашање на критичном нападном углу веома коректно, команда висине ефикасна и осетљива, али сила на палици и нарочито по јединици убрзања (F/g), превелика; да би се извукао један обичан лупинг, требало је добро “вући” палицу на себе (о предњем лупингу није било ни говора, димензионисање авиона није дозвољавало негативне маневре). Стабилност по правцу је била довољна с обзиром на снагу мотора; покретљивост је била више него осредња.

Констатовоао сам да је CP-1310 авион који може да изводи извесне позитивне акробације: лупинг, ранверсман (на “добру” страну), ковит (прописаних 5 окретаја), али да то није акробатски авион. Међутим, осетио сам да тај авион има “жице” да буде прерађен у пуноакробатски авион, и то сам мишљење пренео и пробном пилоту (који се сложио са мном) као и реферисао власнику фирме Августу Мудрију.

Морам рећи, без лажне скромности, да сам већ у тих неколико месеци рада на Бреге 906 стекао позитивну репутацију - наставља Ненад. Фирма Бреге, која је пратила мој рад на реконструкцији једрилице (радило се о угледу фирме чије име једрилица носи!), и о прорачунима за које је некада требало дати и допунске анексе који су објашњавали прилаз прорачуну статички неодређених структура крила и трупа, типа носиве коре као и прорачуна предњег дела трупа с обзиром на отворе у висини седишта првог и другог пилота, је прихватила без резерви оно што сам урадио. Технички сервис Министарства ваздухопловства (STAé), који је пратио ток извршења наруџбине, је такође био задовољан напретком радова. Све то је учинило да мој газда прими озбиљно моје мишљење. Ово тим пре што се са завршетком израде авиона CP-1310 ослобађао изванредан број радника којима је требало затим наћи посла.

Нисам ништа измишљао, само сам примењивао оно што нам је на Машинском факултету на предмету статика авиона предавао проф. Душан Станков

Нисам ништа измишљао, само сам примењивао оно што нам је на Машинском факултету на предмету статика авиона предавао проф. Душан Станков. Са оним што је садржавао његов уџбеник, нисам био ни у каквом заостатку у односу на француске колеге. Напротив.

СТАЊЕ У АКРОБАТСКИМ АКТИВНОСТИМА У ФРАНЦУСКОЈ 1965. ГОДИНЕ

Ситуација да се предложи конструкција и израда у великој серији једног домаћег акробатског школског авиона је била веома повољна: француски авио-парк је био на издисају. Непосредно после Другог светског рата и у жељи за што бржим оживљењем француске ваздухопловне индустрије, тадашња влада је купила лиценцу предратног белгиског школског и акробатског двоседа **STAMP SV 4**, дала да се изради 850 примерака и поделе аероклубовима за симболичну суму (1% стварне вредности авиона).



БЕЛГИЈАНАЦ
Стамп 4
шездесетих био
главни
акробатски
авион у
Француској

Ради се о двокрилцу мешане дрвене и металне конструкције са мотором **RENAULT 6Q** од 160 КС - говори Ненад. - Те 1965. године, с обзиром на то да аероклубови нису поседовали неопходна финансијска средства за коректно одржавање летачког парка, остало је мало тих авиона у довољно добром стању да би могли да врше све акробације. За друге примене (шлеповање једрилица, бацање падобранаца или почетничку обуку) тај авион није био рентабилан. Један други авион, проглашен акробатским, Nord 3202 је, уствари, био авион за основну обуку француске Armée de l'Air (мотор Потез 240 КС, тежак празан 860 кг) није нашао примену у спортском ваздухопловству. Почетком шездесетих година увезено је десетак **ZLIN 126** и основан Акробатски центар у граду Каркасон на југозападу Француске и извештан број афирмисаних пилота је прошао кроз обуку, али та акција није могла да учини да се формира солидна база акробатског летења у ваздухопловним школама и клубовима широм Француске. Недостајао је за то домаћи авион широке примене. Требало га је измислити.

“Газда” Мудри у међувремену је и даље разрађивао идеју о лансирању акробатског авиона на бази расположивих алата за производњу **CP-1310** који би, уколико би се за то указала потреба, били донекле и модификовани. Пошто је испитао разне могућности, дошао је до закључка, ако жели да реализује тај авион, мораће да га лансира сам, на свој ризик.

Државни органи нису могли да му помогну јер, пре свега, имао је већ једну наруџбину чија је реализација у току (Бреге 906), а у вишегодишњем буџету министарства није постојала никаква ставка о акробатском летењу.

...Једног дана, почетком децембра, он ме је позвао у своју канцеларију и без великог увода рекао ми:

Једног дана, почетком децембра, он ме је позвао у своју канцеларију и без великог увода рекао ми: “Ненад, направите ми један акробатски авион на бази CP-1310”.

“Ненад, направите ми један акробатски авион на бази **CP-1310**”. То ме није нимало изненадило, јер сам већ претходних недеља био изложен, у приватним разговорима са особљем Брегеа или оним из **STAé**, у ресторану или у бистроу (уз обавезни франциски аперитив):

“Да ли би вас интересовало да прерадите **CP-1310** у акробатски авион,” и “Сматрате ли се способним да то урадите?” Наравно да сам потврдио, и то не у једној, него у више прилика.

Затражио сам да ми се набави **SINTEX**-ов прорачун **CP-1310**. Авион је био сертификован, значи да постоји и прорачун. Хтео сам да видим шта је урађено и како је урађено, да знам отприлике одакле да почнем. Не знам зашто, али никад нисам добио тај досије. Може бити да није био савршено “чист”.

Иначе, две недеље после званичног разговора са “газдом”, фирма Scintex је затворила свој огранак Aviation и отпустила инжењере, техничаре и службенике конструктивног бироа. Неколико дана пред Божић! То је била прилика да покупимо Клода Пијела, оца аматерске верзије авиона, и Луја де Гонкур, а једног афирмисаног инжењера, нарочито у електричним и хидрауличним инсталацијама. Биле су то пријатне и коректне колеге и добри људи, и било је задовољство радити са њима.

Наш пројекат је добио назив **CP-100**, јер је Клод Пијел још имао лиценцу CP-1310 која је са фирме Scintex прешла на фирму C.A.A.R.P.

Наш пројекат је добио назив **CP-100**, јер је Клод Пиел још имао лиценцу **CP-1310** која је са фирме **Scintex** прешла на фирму **C.A.A.R.P.**

Долазак тих колега је помогао да решимо питање корекције свих цртежа и алата где би се то показало неопходно, решење питања увођења два бензинска резервоара (75 л сваки), питање напајања бензином у устаљеном леђном лету и, у нешто дужи перспективи, подмазивања мотора на леђима преко 15 секунди, колико нам је моториста Лајкоминг дозволио.

Није могуће описати целокупну делатност “порађања” једног авиона, и то нарочито у случају где се зна шта се жели добити, а да истовремено буду поштована и сва производњом наметнута ограничења.

Аеродинамичка побољшања авиона су била следећа :

- избор двокраке елисе сталног корака према жељеним перформансама авиона,
- нацрт капотажа мотора према инсталацији мотора **Lycoming** од 180 КС,
- аеродинамичко уобличење ветробрана и поклопца кабине,
- смањење конструктивног угла крило-труп са 5,3° на 2,0°,
- смањење витоперења крила са -5° на 0° (уз протесте и критике “зналаца”),
- конструкција новог вертикалног репа са аеродинамичком компензацијом крмила,
- аеродинамичка компензација хоризонталног репа са два “рога”.

У јуну 1966, **O.N.E.R.A.** је извршила испитивања динамичких (модалних) карактеристика авиона и окончала прорачуне минималне висине појаве “flutter”-а која се показала већа од 1,25 Vd. Сви услови за први лет прототипа су задовољени већ крајем јула 1966.

ПРВИ ЛЕТ CP-100

Тог лета, док се авион тек “припремао”, фирма **C.A.A.R.P.** је била затворена због колективних годишњих одмора у августу. Изузетно те 1966. то није био случај, бар за једну малу екипу која није могла да сачека почетак септембра и наставак активности фирме.

“Газда” Мудри, са неколико механичара и пробним пилотом, пожурео је да види како лети (и да ли уопште лети) авион у који је уложио знатан део расположивих финансијских средстава. Могло се очекивати да ће државни органи, у случају да се авион покаже као перспективан, наручити и реализацију једног домаћег акробатског авиона.

Извршен је само један или само два лета, не знам тачно (ја сам у то време био на одмору, на Јадрану). Како сам сазнао при повратку у септембру, авион је испунио и превазишао оно што се нормално очекује од првог лета. Ово су оцене пилота:

- Полетање: изразит моторски моменат у тренутку давања гаса, нормално рулање и одржавање правца, авион се “одлепи” глатко са извученим флапсовима већ на брзини од 100 км/х,
- Пењање: при брзини од 150-160 км/х авион се пење 5м/сек,
- Стабилност авиона по висини и правцу: авион стабилан,
- Понашање авиона на критичном нападном углу: потпуно здраво (уф, олакшање!). Са пуним отклоном палице “на себе” авион “пумпа” по висини. Скретања десно-лево се лако парирају.
- Дубинска команда: ефикасна и осетљива, али веома “тврда” у оштрим заокретима (убрзање 2,0-2,5 g),
- Крилца: веома ефикасна и осетљива, добро аеродинамички компензована (Напомена: ту ништа није дирано у односу на CP-301, али крута команда крилаца и много круће крило ипак имају сврху),

- Команда правца: осетљива и, рекло би се, веома ефикасна (одржава авион у правцу чак и на брзини губитка брзине која је, под пуним гасом, 75 км/х), али је веома “тврда”.

- Слетање авиона: нормално

Општи утисак пробног пилота је био веома повољан. Он је изјавио да **CP-100**, осим што личи на **CP-301** и **CP-1310 “Super Emeraude”**, је по свом понашању у лету сасвим другачији и далеко бољи авион. Од пробног пилота фирме Scintex, то је био велики комплимент.

Први дани после годишњег одмора и први летови авиона су били посвећени “одомаћењу пилота и авиона”. Роберт Буисон је почео серију основних акробација (лупинг, ранверсман, командовани и брзи ваљак) које је изводио са лакоћом и минималним губитком висине, захваљујући знатној брзини авиона у хоризонталном лету (240-250 км/х) у односу на маневарску брзину авиона (максимална брзина при којој све три команде лета, заједно или одвојено могу бити брутално отклоњене до максимума) која је, према анвнелопи лета, $V_p = 235$ км/х.

Сматрао сам да је време да се прође, пре даљих егзибиција у лету, озбиљној карактеризацији авиона на земљи и у лету, нарочито у погледу уздужне стабилности авиона, с обзиром на рачунате положаје центра тежишта авиона. Пре него што се одреде стварна ограничења центраже за један акробатски авион, требало је проверити и евентуално кориговати резултате прорачуна. Зато сам припремио један мали, али неопходан програм карактеризације на земљи и испитивања у лету (још чувам у мојим архивама тај програм):

1. Измерити тежину и одредити тежиште празног и потпуно опремљеног авиона,
2. Одредити тежиште авиона са 50 литара бензина у предњем резервоару,
3. Одредити тежиште авиона са посадом (пробни пилот и инжењер)
4. Одредити места монтаже (на првом оквиру трупа и на самом крају трупа авиона), као и окове-прикључке додатних оловних плочица предвиђене за померање центраже авиона (предња рачунска, задња (или скоро задња) рачунска центража авиона),
5. Одредити удаљеност врха пилотске палице од инструмент-табле за отклон крмила висине једнак нули и припремити криву отклон крмила висине, у функцији удаљености врха палице од инструмент-табле.

Затим почети испитивања у лету тј.

- Избаждарити брзиномер на једној од постојећих “база” у париској области.

- Мерити у лету отклон палице у односу на инструмент-таблу тј. отклон крмила висине у зависности од најмање четири брзине хоризонталног лета (брзине испод 180 км/х, јер авион, пошто је нискокрилац, је мање стабилан при већим нападним угловима тј. мањим брзинама.)

- Мерити истовремено температуру ваздуха да би се могла доцније прерачунати стварна брзина лета (брзиномер у лету приказује не стварну брзину лета, већ где је однос стварне локалне густине ваздуха и густине ваздуха у стандард атмосфери).

Изнео сам програм “газди” и захтевао да престанемо празно извођење фигура у лету. Robert Buisson није могао бити у исто време и редовни пробни пилот CP-100.

Резултати обраде сакупљених података би дали, са гледишта фабриканта, дозвољени интервал центража у лету и унутар њега, најповољнију регулажу палица - поставни угао хоризонталног репа, као и препоруке за оптималну конфигурацију (само један резервоар са, на пример, 50 л бензина) за лет као једносед у случају националних и интернационалних такмичења у акробатском летењу.

Треба напоменути да резултати мерења у лету одклона палице у кабини у функцији брзине лета претпостављају, за дату центражу, и једном обрађене тзв. “криве осетљивости хоризонталног крмила” које, што се више приближава задњој центражи, постају све више и више “исправљене”. Када се центар тежишта поклопи са аеродинамичким центром авиона, крмилу постаје суперосетљиво, могуће је (теоретски, наравно) прећи са најстрмијег обрушавања до критичног нападног угла без било како малог одклона палице. То се, наравно, не сме дозволити и потребно је дати ограничење задњег положаја центра тежишта у односу на аеродинамички центар авиона. За било који спортско-туристички авион та резерва може бити велика, и то ће се одразити на мањој осетљивости команде висине и ништа више. За такав авион ће, у случају предње центраже, крмилу бити још “грубље”, али и то не мора да смета у свакодневной употреби.

То није случај код акробатског авиона. Његова команда висине мора бити у исто време осетљива, ефикасна и са малим (али увек истог знака!) силама у палици. Било је потребно “наштеловати” авион пре одласка у ВОЦ, јер улога ВОЦ (мислим на француски) није да оптимизује регулаже за ову или ону употребу, већ да потврди (или не потврди!) да испоручени прототип одговара (или не!) захтевима норме AIR 2052.

Изнео сам програм “газди” и захтевао да престанемо празно извођење фигура у лету. Само, како је Robert Buisson био пробни пилот за пријем израђених Scintex CP-1310, и за то плаћен, он није могао, не знам по каквом резонувању, бити у исто време и редовни пробни пилот CP-100.

Мудри је ангажовао за то управника ваздухопловне школе (**Centre Interclubs de vol á voile, Beynes**) која се налазила преко пута фабрике, Жака Гомија (**Jacques Gomy**), доброг пилота, али не лако подношљиву особу. И Гоми је захтевао, са своје стране, да се “одомаћи са авионом”. У акробацијама, наравно.

Ненад говори да се на том неиспитаном авиону много летело, и то на велико задовољство пасионираних посматрача и неколико незваничних, али значајних посетилаца из круга утицајних органа, као и самог “газде”, који је све више и више сагледавао могућности авиона, а такође и могућност његове промоције чак и пре одласка у ВОЦ.

У тако еуфоричној атмосфери се појављује Ненад (тако су га сви незванично звали) и подноси програм испитивања авиона у лету.

И још тврдоглав, какав сам, инсистирао сам на његовом непосредном извођењу. Наравно, “газда” то није могао да одбије, али, ето, није му се баш журило. Има, забога, толико света из лаке авијације који хоће да види како тај авион лети, света који не верује да један моноплан може у акробацијама да се мери са бипланом, света који сматра да конфигурација седишта “Скоте а Скоте” је неприменљива у акробацијама итд.

Углавном, требало је убеђивати и доказивати (и шепурити се на писти док **CP-100** “везе” акробације једну за другом). Једном се озбиљно наљутио када сам га упитао “шта постаје девица која хоће целом свету да докаже да је невина”?

Жак Гоми је допринео мучној атмосфери између “газде” и мене (Пиел и Де Гонкур су били на мојој страни, али како су морали да хране жене и децу, нису били спремни да “иду на барикаде”, док ја јесам). Тај пробни пилот је јавно говорио “да инжењери не знају ништа, да је дужност пилота да открије авион и “да ће он на идућем Акробатском првенству бити без конкурента, јер ће моћи да са **CP-100** ради оно што Злин, понеки Питс и престарели Стамп нису у стању да ураде”.

И наставио је да вози (и да преврће) у авиону који је у привременој регистрацији носио и ознаку “W” (прототип), разне “неверне Томе” и сличне зверке.

Једино што је добро испало из тог егзибиционизма је што смо успели да увелико смањимо силу на палици по јединици убрзања (F/g) додавши у два рога аеродинамичке компензације хоризонталног репа, две оловне плочице од (колико се сећам) 200 гр. свака(*). Наравно, на колико смо смањили ту силу, могли смо само да оцењујемо, јер за мерење реакције на палици био је потребан један специјални динамометар, а “то кошта”. Резултат: довољно је да пилот каже “све је у реду”!

*(У свом завршном извештају о модалним карактеристикама авиона и прорачуну критичне брзине флатера **O.N.E.R.A.** није затражила статичку компензацију хоризонталног крмила. Убацавање плочица у рогове крмила и јака редукција силе на палици, у зависности од јединице убрзања (F/g), је задивила “зنانце”. Подсетио сам их да је тај рецепт објављен још 1950. у књизи **Perkins: “Airplane Performance, Stability and Control”**.)

ТРАГЕДИЈА КОЈА СЕ МОГЛА ИЗБЕЋИ

Дошла је касна јесен и лоше време, а од мојих предвиђених испитивања у лету - ништа. Чак ни мерења која сам тражио на земљи. Баш у то време су статичке пробе за сертификацију Бреге 906 В Choucas ушле у завршну фазу, а и “газда” ми је поверио (помало и да ме скине са врата) конструкцију једноседа за висока акробатска такмичења за који је ЕВА, акробатски тим француске **Armée de l’Air**, била заинтересована.

ЛЕГЕНДА ЖЕРАР
ВЕРЕТ ВЕЛИКИ
ФРАНЦУСКИ АКРО
ПИЛОТ СТРАДАО
1967. НА СР-100



И дошао је кобни 5. јануар 1967. Гоми је довукао на аеродром свог некадашњег наставника акробација и бившег првака Француске у акробацијама Жерара Верета (**Gerard Verette**) који такође “није веровао у акробатски авион са седиштима једно уз друго, у авион изведен из једног аматерског авиончића”. Лет је, наводно, требало да траје 5 минута и продужио се још пола сата, у све опакијим и опакијим акробацијама, и тако све док та два пилота нису успели да слома авион у лету. Десно крило је формално експлодирало. **Robert Buisson** је био очевидац: авион је био у лаганом пикуе (нагиб око -10°) и имао велику брзину на трајекторији. Извршио је веома брз десни ваљак, тачно око уздужне осе авиона оштро га зауставио у хоризонталу. У том тренутку су почели да се одвајају одломци оплате десног крила, елементи нападне ивице крила, делови ребара и др. Све је то покрило површину од 0,5 км². Најудаљенији одломак десног крила (делић задње плоче главне рамењаче у зони крилаца) смо нашли на 900 м од кратера у коме су били остаци кабине, мотор и два тела. Обојица су погинули. Само мало даље, ишчупано ударом у земљу, лево крило и остатак трупа са реповима.

Нећу да износим детаље али сам био трауматизован, то добро знам, за читав живот.

При повратку у конструкциони биро затекао сам “газду” са још неким особама:

“Ненаде, забога, шта се десило?” Нисам могао да му не одговорим: “Ето, Гоми је открио да се сваки авион може сломити у лету. Верете је упао у нежељену замку. Ни један, ни други нису познавали анвелопу оптерећења авиона, а радили су у лету било шта”.

Неколико дана касније одржано је опело двојици пилота.

Мислим да су дошли сви који су нешто значили у лакој авијацији у Паризу и околини. Ја нисам могао да не одем, мада сам мислио да ће ме линчовати

На место удеса тада је дошла жандармерија која је обележила место пада сваког делића авиона, припремила детаљан извештај како то процедура налаже. Све што је нађено од авиона (било је неколико елемената торзионог кесона крила ближе трупу који нису никад пронађени) је пренесено у специјалну државну лабораторију Комисије за истрагу удеса Министарства ваздухопловства у **Saclay**, у близини Версаја, због реконструкције, провере квалитета употребљеног материјала, лепљених површина и друго.

Неколико дана касније одржано је опело двојци пилота у малој црквици недалеко од места удеса. Мислим да су дошли сви који су нешто значили у лакој авијацији у Паризу и околини. Ја нисам могао да не одем, мада сам мислио да ће ме линчовати (“Ко је тај који је дошао из те далеке земље, тај чије име не можемо ни да изговоримо, да овде прави било шта и убија наше најбоље пилоте? Ко му је дао дозволу за боравак и рад у Француској?”).

Али, ништа од тога, људи који су ме лично познавали (а таквих је било доста) су ми прилазили, изјављивали ми своје симпатије и неки чак и саучешће. Био сам дубоко дирнут таквим понашањем да сам написао једно велико писмо мојим родитељима са закључком да “остајем заувек у овој земљи”. И, ево, сада, нисам променио мишљење - говори Ненад.

Затим је почела истрага. Њу је водила Комисија за истрагу удеса *Ministère de l’Air*, али такође и један истражни судија, јер је постојао случај насилне смрти двојице грађана. Истовремено, лабораторија Комисије је правила епрувете од отпадака структуре и напрезала их до лома како то предвиђају норме **AIR. STAé** је проверио у детаље све прорачуне авиона који су били испоручени 7 месеци пре удеса, као и прорачуне **O.N.E.R.A.** о критичној брзини флатера. Показало се да су све епрувете држале више него што минимум норме захтева, и да у прорачуну није пронађена ниједна грешка! Ту је било и мало среће јер, како је то једном рекао проф. Станков: “у добром прорачуну у једној страници се нађе само једна грешка”. Ја сам имао као инструмент за рачунање само логаритмар од 25 цм за множење и дељење, док сам сабирање и одузимање радио “пешке”. Искуство са Цирус-а и Choucas-а ми је добро користило.

“СР-100” МЕЊА ИМЕ. ПОСТАО ЈЕ “САР-10”

Дакле, истрага завршена и авион рехабилитован, закључак комисије је био да су пилоти изашли из дозвољеног домена лета. Требало је наставити да се надокнади изгубљено

Наставити у истом ритму конструисање једноседа за акробатска интернационална такмичења који је у датој ситуацији добио назив САР-20..

више од пола године. Структуре авиона по 3 (примерак за испитивања у лету фабриканта и ВОЦ-) и по 4 (примерак за статичке пробе неопходне за сертификацију) су лансиране у фабрикацију кад је “газда” Мудри одлучио да прекрсти авион: авион ће се убудуће звати **САР-10**, да не би, забога, својим сада бившим називом подсећао будуће купце на катастрофу која је претходила сертификацији и испоруци купљеног авиона! Мислим да је Мудри био немало и сујеверан, и да није хтео да баксузира “своје дете”. И зато је укинуо иницијале “деде” **Claude Piel-a ...**

Мени су се тада наметале три акције:

Наставити у истом ритму конструисање једноседа за акробатска интернационална такмичења који је у датој ситуацији добио назив **CAP-20**.

Изабрати, на основу прорачуна авиона **CP-100**, случајеве оптерећења за статичку пробу сертификације авиона и одредити расподелу локалних оптерећења које ће, после, државна лабораторија у Тулузу да уведе у структуру авиона.

Припремити све кохерантне и неопходне податке о **CAP-10** и о **CAP-20** за реализацију специфичних макета које ће бити употребљене за испитивање понашања авиона у ковиту у вертикалном аеротунелу Института механике флуида у Лилу (депатман 59).

Прва акција је била перманентна акција и није део ове саге.

Друга је била доста деликатна, не толико због самог избора случајева оптерећења у лету, већ због практичног начина њихове примене током статичке пробе.

Не могу се концентрисане или полураспоређене локалне силе увести било где у структуру, а да се тиме не проузрокују локалне концентрације напона, спечифичне за статичке пробе. Ти, физички лажни напони могу да изазову локална преоптерећења, чак и ломове, и то пре него што је уведено у структуру прописано глобално оптерећење са коефицијентом сигурности $j = 1,5$.

ЕЛЕГАНЦИЈА CAP-10



Има их који тај деликатни посао оставе лабораторији, али ако нешто не иде како треба, један прерани лом на пример, онда долази до сукоба и бацања кривице једних на друге. То нисам хтео да ризикујем, и преузео сам све на себе. Тако сам касније поступио и код статичке пробе за сертификацију **CAP-20**. Имао сам то задовољство да сазнам да је лабораторија за те две серије статичких проба без примедба прихватила моја оптерећења и њихову расподелу по структури.

Трећа акција заслужује да јој се посвети један кратак увод.

Ковит је од самог почетка авијације био баук за пилоте и конструкторе авиона, јер се није знало како конструисати авион који се не може, чак ни намерно, увести у ковит, а да се то не одрази на његове перформансе и на друге летачке особине. Зато норме захтевају да се у

току испитивања у лету изврше и демонстрације за гранично усвојене центраже лаког вађења из ковита, после извршеног и наметнутог броја окрета (категорија “N”: 1, категорије “U” и “A”: 5 окрета) у нормалном лету, а за категорију “A” и у леђном.

Било је пожељно да опитима за увођење и вађење из ковита у лету претходе симулације (рачунске и експерименталне) на земљи. Оно што се десило у току демонстрација ковита у лету са авионом ГАРДАН GY-80 “Хоризон” је натерало **STAé** да наметне свим француским прототиповима, пре демонстрације у лету, демонстрацију вађења из ковита у вертикалном аеротунелу Института за механику флуида у Лилу (**Lille**). Мислим да случај тог авиона заслужује да буде приказан.

Авион Гардан **GY-80** “Хоризон” је метални четворосед са полуувлачећим стајним трапом, типа трицикл, и мотором 160 КС. Тај авион је сертификован у категорији “N” и произведен у 250 примерака у фабрикама Sud-Aviation исте фирме која је производила и познате авионе Caravelle и хеликоптере Alouete.

У првој половини шездесетих година (сада прошлог века) неки међународни уговор између Француске и Тајланда је предвиђао, између осталог, продају Тајланду десетак авиона GY-80 за обуку будућих саобраћајних пилота. С обзиром на то да је била у питању и обука у летењу без спољне видљивости и у жељи да се обезбеди сигурност пилота-ученика, представник националне компаније је тражио да се, пре потписивања уговора, изврши демонстрација пет окрета у ковиту. Иако је авион био сертификован у категорији “N”, неки брзоплети продавац је дао налог пилоту да изврши такав лет. Демонстрација “5 окрета” се завшила тако да авион није изашао из ковита и пробни пилот је погинуо!

Sud Aviation је предузео извесне модификације и ангажовао једног страног пробног пилота (и одличног акробату и инжењера), Швајцарца Мишела Бранта (**Michel Brandt**). Брант је добро припремио начин безбедне евакуације из авиона у случају да авион поново не изиђе из ковита. То се и десило, и после разних и неуспелих покушаја да извади авион из ковита, Брант је напустио авион и “атерирао” са падобраном. Тајланђани нису купили авион.

Демонстрација доброг изласка из ковита у вертикалном аеротунелу се састоји у томе да се макета авиона (који исфабрикује сам Институт) са покретним командама лета постави на мрежу разапету на излазу из колектора аеротунела. Макета је регулирана на жељену центражу и команде отклоњене на максимум (са или без учешћа елерона, према програму експеримента). Вентилатор аеротунела се пусти у рад толико да макета лебди на извесној висини у радном простору вртећи се у ковиту. Камером се снима понашање макете и нарочито нагиб у ковиту и брзина обртања. Када су сви жељени подаци регистровани (а има их више), телекомандом се комадује излазак из ковита и снима се понашање макете у тој фази.

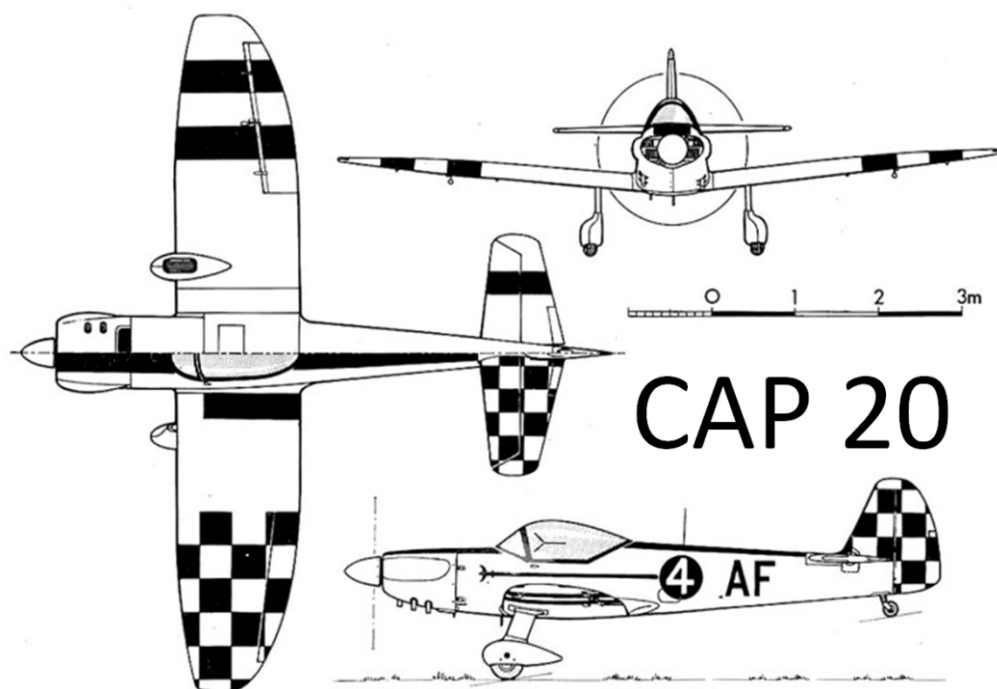
Требало је да припремим за CAP-10 и CAP-20 неопходне цртеже спољних форми авиона и одвојено елерона, крмила хоризонталног и вертикалног репа. Такође, прорачунске крајње положаје центра тежишта као и моменте инерције авиона око три главне осе. Мислим да је то било све. У разговору са одговорним особљем за ту операцију имао сам прилике да

поставим питање веродостојности резултата, с обзиром на веома мале Рејнолдсове бројеве у аеротунелу, посебно што се тиче командних површина. Сложили смо се да се у том контексту узгонске површине понашају као равне плоче и да примена овог или оног аеропрофила, да би се обезбедила “снажност” крмила, није узета у обзир.

Сама фаза опита је била предвиђена тек кроз следећих 6-8 месеци. Нисам им рекао да ће тада имати неког другог саговорника из фирме.

ЛЕТАЧКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ И КАРИЈЕРА CAP-10

Сазнао сам случајно, већ сам био запослен у државној фирми **Nord Aviation** на франко-немачком сателиту **Symphonie**, да су испитивања у аеротунелу Института за Механику флуида завршена и, ако макета једноседа **CAP-20** излази из ковита у свим конфигурацијама, да то није случај са **CAP-10**. Није ми познато у којој конфигурацији. Сазнао сам, такође, да је Мудри дао да се исконструише нови вертикални реп, веће површине и мање виткости и да се та конфигурација испита у истом аеротунелу. То више није био мој проблем, али љубав према лакој авијацији није ме напустила. Мислим да су



мала модификација макете у аеротунелу, која није могла да изађе из ковита, и нова проба могли доказати да је све решено и да авион, са вертикалним репом такав какав је примитивно конструисан, излази из ковита у свим предвиђеним конфигурацијама. Ово спомињем не у циљу неке полемике, већ да објасним читаоцу зашто је профилна пројекција **CAP-10** различита од профилне пројекције **CP-100**.

Треба додати да се показало неопходним, да би се смањиле силе на педалама команде правца, убацити један повећи антитример, видљив на профилној пројекцији **CAP-10**.

Тако модификован авион, под називом **CAP-10 В** је ушао у велику серију.

Било је сијасет чланака у ваздухопловној штампи о том авиону и у највећем броју, похвалних. Немам намеру да овде цитирам делове из штампе, мислим да је боље да преведем закључак извештаја Жан-Марија Сажета (**Jean-Marie Saget**), без сумње најбољег француског пробног пилота своје генерације.

Лет је извршен са два пилота почетком 1971. године.

“Авион **CAP-10 В** је добро адаптиран својој главној улози која је усавршавање у акробатском летењу. Његова брзина крстарења и долет омогућавају путничке летове. Конфигурација два паралелна седишта није сметња као што би се могло у први мах помислити. Кабина је мало уска при смештању пилота. У лету нема проблема.

Команде лета: веома добри елерони, висинска команда је сувише лагана и у интеракцији са командом правца која је веома тешка (и нешто побољшана у серији повећањем крака педале).

Елиса непроменљивог корака је прихватљива. Мотор достиже своју пуну снагу тек на 250 **км/ч**. Дакле, многе акробатске фигуре могу бити извођене без посебне пажње на ручицу гаса.

Жалимо због недостатка подмазивања мотора за време лета на леђима, који је ограничен на 15 сек. Ипак, могу се изводити предње петље без последице да се црвено светло, аларм притиска уља, упали.

Понашање авиона у лету је здраво и можемо зажелети да његова широка дифузија у аероклубовима обезбеди препород обуке у акробатском летењу у нашој земљи.”

Овим је завршен закључак извештаја пробног пилота **Jean- Marie Saget**-а.



АУТОРИТЕТ пробни пилот Жан Мари Сегет дао авиону највеће оцене

CAR-10 НИКАД НИЈЕ БИО НАШТЕЛОВАН

Наш народ каже “После боја, копљем у трње” - наставља Ненад.

- Ово посебно због тога што је од боја прошло више од 45 година, али, ипак, не могу а да не додам следеће коментаре:

Авион никад није био “наштелован”, па чак ни штелован. Ово се нарочито одражава на “лакоћу” палице по дубини у нормалном лету. Међутим, то се могло решити веома лако, модификацијом кинематике команде висине. А и модификацијом поставног угла хоризонталног репа који је био одређен за нормалан лет и брзину V_p , па је и због тога палица у лећном лету и у маневру нешто “лакша”.

Авион никад није био “наштелован”, па чак ни штелован. Ово се нарочито одражава на “лакоћу” палице по дубини у нормалном лету.

Интеракција висинска команда - команда правца је логичан резултат узајамног положаја једне команде према другој. Да је хоризонтални реп био померен унапред, тако да се крмило отклања горе-доле у зони вертикалног стабилизатора, излазак из ковита са оригиналним вертикалним репом би био, верујем, како треба (то се могло проверити модификујући макету за испитивање ковита у Институту механике флуида у Лилу) и наведене интеракције хоризонтална крма - вертикална крма не би било. Доказ за ово је понашање у тунелу макете CAR-20, као и понашање тог авиона у лету.

Авион је сертифициван без дерогације према норми **AIR 2052** 4. септембра 1970. са следећим подацима:

Димензије: размах 8,06 м, дужина 7,16 м, висина 1,59, м површина крила 10,85 м, размах стајног трапа 2,06 м.

Маса и носивост: маса празног авиона 540 кг, максимална маса (кат. “U”) 830 кг, максимална маса (кат. “A”) 760 кг, носивост (кат. “U”) 280 кг, оптерећење крила 76,5 кг/м², пртљажник 50 кг.

Перформансе: вертикална брзина пењања 6 м/сек., брзина крстарења (75%) 250 км/х, економска брзина крстарења 210 км/х, максимална брзина 270 км/х, максимална брзина у пикеу 340 км/х, минимална брзина (без флапсова) 95 км/х, минимална брзина (са флапсовима) 80 км/х, максимална брзина са флапсовима 160 км/х, брзина попречног ветра 37 км/х, фактор оптерећења (кат. “A”) +6g/-3g, фактор оптерећења са флапсовима +2g/-2g.

Мотор: Textron **Lycoming AEIO-360-B2F**. Снага: 180 КС са инјекцијом. Напајање мотора у свим положајима. Подмазивање мотора у свим положајима системом **Christen**.

Елиса: двокрака **Hoffman** (затим и Evra) дрвена, фиксног корака. Висина у односу на тло (авион празан): 30 цм .

Резервоари - бензин предњи и задњи: 2 x 75 л. Уље 7,5 л.

Треба додати да је приликом статичких проба структуре за сертификацију авиона (случај лета “D”), крило авиона попустило при оптерећењу које одговара коефицијенту сигурности $j = 1,75$ у односу на прописани нормом **AIR 2052** $j = 1,50$.

Квалитети авиона **CAP-10** су учинили да су француске **Armée de l’Air** и **Aéronavale** замениле са тим авионом скупе, компликоване, као и помало застареле реактивне авионе **Fouga Magister**. То је довело до тога да су и ваздушне снаге других земаља се заинтересовале за тај авион.

Главни купци авиона **CAP-10B** били су:

- **Armée de l’Air 56 - Aéronavale 10** - мексичка армија 20 - **Coreen Air Force 2 - Maroc Air Force 2 - SIPRA 7 - EPAG 7 - SFA 6 - Australian College 2** - Аероклубови и појединци из целог света 169 примерака.

То чини, са неким туцетом авиона испоручених у форми “кит”, скоро 300 примерака од децембра 1969. до децембра 1998. Само, последње испоруке је извршила фирма “**Acrotech Europe**” која је купила будзашто фирму “Мудри”.

Фирма “Мудри” је банкротирала 1996. године. Зашто?

Главни разлог је што је **Armée de l’AIR** одлучила крајем децембра 1995. да више не наручује CAP-10 јер је, по неким објашњењима, тај авион био превазиђен у погледу спецификација којим је француско војно ваздухопловство изразило своје потребе.

Такав став ме не зачуђује. Потребне се мењају са временом и треба их следити, па чак и предухитрити. Данас, чак и ако се ради о једној машини за прање веша, чим је лансирана серијска производња, треба већ тражити побољшања, ако не и развој једног новог и савршенијег модела. Мудри је спавао на лаворикама петнаест година и за то време CAP-10 је старио. Можда не толико као акробатски авион (а и ту има шта да се дотера!), него као авион који је потребан француском војном ваздухопловству.

Постоји још нешто: један акробатски авион је луксуз, као што је у аутомобилском свету Ферари луксуз. Да ли има довољно купаца, да ли је толика потражња за производом да од тога може да живи једна фабрика да би њена производња била економски оправдана? У случају Ферарија то није успело, и Ферари се ослонио на фирму Фијат. Можда је и Мудри требало, у тренутку када је имао наруџбина за више година, да се “ослони” на неку велику аеронаутичку фирму, као нека врста њене витрине? Акробације су не само одлична прилика за једног пилота да испољи своју личност, да се исказе. Акробације су, такође, и спектакл и могу привући много посматрача, навијача, присталица и не увек самих акробација, него и фирми које стоје иза њих.

И најзад, **CAP-10 B** је можда могао да буде продат не у 300 примерака, већ у 1.000. Под условом да је био у стању да постане аероклубски авион. Не само акробатски авион (без кога један аероклуб може и да опстане), чак ни авион за маршруте (има их који су јефтинији и троше мање горива), него као авион-реморкер, авион без кога ниједна ваздухопловна школа, каква год била, не може да постоји.

А шта је ту требало да се уради? Монтирати једну куку за аерозапрегу и изабрати једну посебну елису која одговара аерозапрези. И пробати. Евентуално дотерати. Зашто трошити велике паре и куповати снажне, али специјализоване **Pony** или **Cetabrije**, ако се може



ДУГОВЕЧАН
Ненадов авион и
2013.био летелица
месеца

имати ту, надхват руке, авион многоструке употребе. Авион који може да шлепа 4-5 сати у једном дану и да предвече, променивши дрвену елису сталног корака, се претвори у акробатски авион који би “вртео” још један сат? На то Мудри није мислио и, када сам му то пре три године пребацио, остао је без даха.

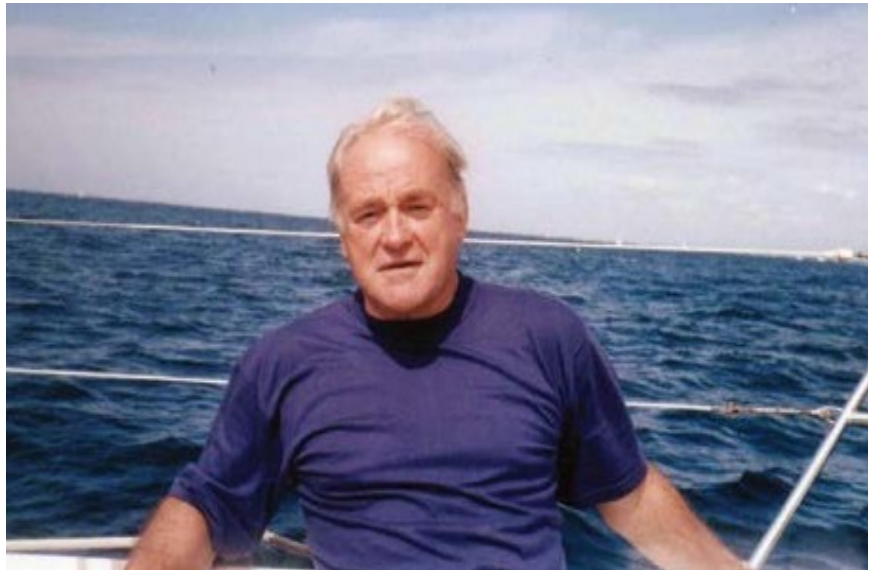
На крају, **CAP-10** и **CAP-20** су изложени у **Musée de l’Air u Le Bourget**. Понекад свратим да им кажем “**bonjour**” и да се подсетим на све што сам још хтео да урадим, а нисам урадио.

У априлу 1968. моји прорачуни авиона **CAP-20** су били завршени и остало је још да припремим досије за статичке пробе авиона за сертификацију и да ставим у дефинитивни формат један дебели досије прорачуна који сам хтео да доставим **STAé** знатно пре првог лета авиона. Такође, пре испитивања модалних карактеристика авиона. Ово ми је било веома важно, јер, за разлику од **CAP-10**, једносед **CAP-20** је био највећим делом димензионисан на крутост.

На крају, CAP-10 и CAP-20 су изложени у Musée de l’Air u Le Bourget. Понекад свратим да им кажем “bonjour” и да се подсетим на све што сам још хтео да урадим, а нисам урадио.

КРИТИКА ГАЗДЕ МУДРИЈА

КРИТИКА
Хрисафовић
газди Мудрију
замера многе
ствари



На крају саге о својим акробатским авионима Ненад је осетио да мора још једном да се осврне ма “газду Мудрија”.

...Умео је да не поклекне у тешким тренуцима после краха **CP-100**, када су сумње свих врста могле да га море, где је и опстанак фирме био у питању, а са њом и егзистенција 40 радника и службеника, као и њихових породица. Али, тај човек је после рехабилитације авиона и свега што је у вези са њим, формално полудео. “Његова беба”, тај авион чијим су се летачким особинама многи дивили, тај прорачун који се показао без иједне грешке, тај домен лета који пласира брзину флатера преко 470 км/х, та фабрикација чији квалитет је доказан и испитивањем епрувета извучених из слупаног **CP-100** и, такође, отпорност хелије на случај лета изван норме **AIR 2052** који је предложила Комисија на авиону **N°2**, све је то доказивало да је он неспорни власник нечег што се само може сањати.

И то није све - говорило се у званичним круговима да **Arme de l’Air** хоће да замени за почетну обуку својих пилота реактивни Fouga Magister са једним клипним авионом добрих карактеристика, и да би **CP-100**, пардон, сада **CAP-10**, могао да буде озбиљан кандидат уколико буде сетификован без дерогација у категорији “**A**” норме **AIR 2052**.

Мудри је себе видео као индустријалца, лиферанта војном ваздухопловству Француске, некога као што су Henri Farman, Louis Breguet и, зашто не, Marcel Dassault. Јесте, Дасо испоручује Мираже армији, али и он, Мудри има шансу да испоручује CAP-10. Само да се све добро развија, да авион буде сертификован. Разлог успеха **CAP-10** је био јасан: “Бог ми је то дао, нема другог објашњења” изјављивао је свима који су хтели да га слушају, и зато ће он лично да води конструктивни биро, испитивања у лету, фабрикацију авиона, вођење фирме, све, све, све.

Када је у једној прилици, пред више особа, где сам и ја био присутан, поновио своју тираду о Божјој помоћи, ја сам видео куда то може да води. Пред очима су ми се поново појавиле слике смрсканих тела Гомија и Верета, њихове отворене очи у којима као да сам видео какве су страшне тренутке преживљавали у последњим моментима пред судар са пистом.

Контролисао сам своја осећања и рекао сам му мирно, али јасно и гласно, да сам атеиста и да зато не желим да радим и даље у средини која се позива и рачуна на Бога у кога ја не верујем.

Сутрадан сам му послао препоручено писмо са мојом оставком. Мудри је све чинио да ме задржи, али моја одлука је била дефинитивна и ја сам остао непоколебљив.

Тако је и остало, и у октобру 1968. сам напустио **С.А.А.Р.Р.** Радници и колеге у бироу су ми пропремили топао “**adieu**”.

У ПРОЈЕКТАНСКОЈ ГРУПИ CIFAS



УСПЕХ Сателит Симфонија

Ја сам се два пута нашао на месту на коме је требало. Колико је људи који вреде, знају и могу много да дају, али нису имали срећу да се нађу на правом месту у право време. И зато себе не сматрам нимало изузетним...”

Ипак, ако завиримо у српски речник пронаћићемо да реч “скроман” значи умерен, који зна меру, који не жели да истиче, који није дрзак и наметљив. Уколико опет отворимо неку стручну књигу из света космонаутике и прочитамо поглавље о Ариани и погледамо Главни нацрт ракете Ариана 3 оверен Ненадовим ћириличним потписом закључује се да инжињер има због чега да буде поносан .

Међутим постоје и ствари које је Ненад из Сарајева и Београда понео у свет.

У памћењу му је остао карактеристичан детаљ у време развоја сателита Симфонија нешто раније :

„Наше канцеларије су биле у близини малог војног аеродрома. У подне после ручка одлазили смо у бистро да нешто попијемо. Чујем глас за једним столом: „Види, Хрисафовићев авион прави акробације“. Други на то каже:

“Ниси добар” су речи које су постале жиг на души. Можда судбоносан!

Успех са акробатским летелицама у малој фирми газде Мудрија инжењеру Хрисафовићу отворио је врата за улазак у свет космонаутике и свемирских истраживања. Овај човек је у другој половини прошлог века постао једини Србин у најуспешнијем свемирском програму, многи кажу до данашњих дана. После лансирања Ариане 1 1979. именован је за Главног пројектанта поноса Европске космичке науке ракете Ариана 3. која је узлетела 1984.

Ненад говори да је његов професионалан узлет “крив сплет добрих околности”. Ни у једном тренутку не заборавља књиге професора Ненадовића и Станкова које је спаковао у кофер када је 15.јануара 1965. дошао у „земљу петлова“.

У часопису Планета, својевремено, рекао је и следеће:

„Мој живот је историја човека који је био упоран и радан, али и који је имао и среће.

„Јесте, тај наш пријатељ Хрисафовић увек мора себи нешто да докаже“.

На страницама које претходе, стоји још једна епизода из његовог живота која има посебно значење за обликовање јединственог карактера, српског инжињера. Тичу се догађаја од 28. јуна 1948, из Аероклуба Сарајево када су му је саопштено да за њега „нема места“.

Горчин Ј. ме је том приликом одвео на страну да „ми објасни“ ситуацију и отприлике је рекао: „Ти ниси добар омладинац и не заслужујеш да заједница троши новац на твоје образовање. Зато не идеш са нама!“. Остали су гледали и ћутали.

„Ниси добар“ – су речи које постале жиг на души. Можда најсудбоноснији!

...У време када сам напустио рад на лакој авијацији већ сам био ожењен Франсином, машинским инжењером. Зато сам се обратио свом тасту за жељом да уђем у неку велику ваздухопловну компанију и наставим конструкторску делатност. Имали смо позив из Бразилије, али тасту се та идеја нимало није свидела.

...„Тај човек је за мене више гарантовао морално него материјално, јер сам са црвеним пасошем улазио у предузеће које је производило делове за балистичке ракете, на место одговорног инжењера за структуру и механизме француско-немачког сателита „Симфонија“ (Symphonie) у пројектантској групи CIFAS. На конкурс који су расписале владе Немачке и Француске учествовало је више европских група и конзорцијум коме је на челу био Nord Aviation је изабран је за развој и реализацију сателита. Шеф пројекта је тражио инжењера који се не бави само административним питањима, него и проверава оно што ангажоване фирме пројектују и изводе. Позвали су ме на разговор и питали шта мислим о предпројекту структуре и механизма сателита. Рекао сам да предложена решења нису најбоља, изнео сам разлоге за то и додао да, касније, у разради, све се може дотерати. Био сам примљен, а можда би ме примили и да сам рекао да је све у реду“, каже Хрисафовић.

На европском сателиту Симфонија нисмо измислили само шрафове, сећа се инжењер. -Они су једини били стандардни... Пошто нисмо имали свој ракету носач, Симфонију су уместо нас лансирали Американци. И, као што то они „умеју“, намигнули су нам да наши сателити не смеју бити конкурентни њиховима. Са друге стране Руси су били вољни да учествују у слању наших сателита у орбиту, али су имали услов „да наши инжењери“ не смеју на Бајкноур, јер је овај космодром био њихова државна тајна.

„А европски сателит је био савршен и први стабилизван око три главне осе. Измислили смо му и соларне ћелије и систем отварања ћелија, па и начин на који ће зауставити ротацију сателита после сепарације од ракете у предвиђеној трансферној орбити. Тај систем се звао јо-јо у пракси то су били плочице од по неких 300 грама на подједнако дугачким намотаним конопцима који су производили силу у оба правца ротирајућег сателита док се он не би зауставио. Задњи степен ракете има један мотор који ротира сателит кад га одбаца, а сателит не може да ради док не заузме своју позицију према тачкама где емитује потребне сигнале.

У Београду сам заиста често посећивао позориште и балет и гледајући како се балерине заустављају у пируети, разумео сам да тако и сателит може да са заустави у ротацији.

Предузеће за производњу балистичких и свемирских система је после годину дана фузијом са два друга државна предузећа променило назив у Aerospatiale. Хрисафовић је тако ушао у тајне Француске као балистичке силе. Каже да су неких шест месеци трајале провере („мислим да су знали чак и како се зове мој стриц у Сарајеву“). Када је завршио рад на сателиту Симфонија (сви елементи и структуре су били сертификовани), прешао је у пројектантски тим ракете-носача сателита Ариане.

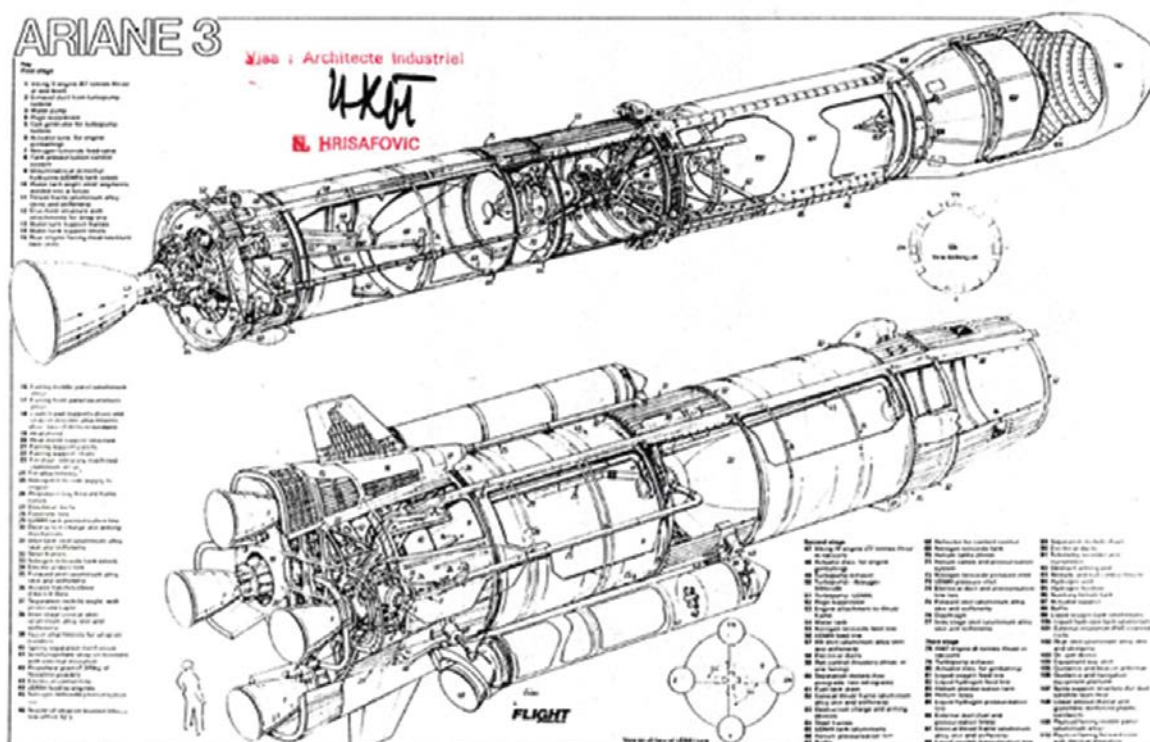
У ПРОГРАМУ АРИАНЕ

Симфонија је „породила“ ракету носач Ариану, јер ниједно од 12 испљивања претходно конструисане европске ракете „Европа 1“ није успело. Ариана је била француски предлог, а пројекат је урађен на бази предпројекта ракете Европа 3, који је био тек у повоју.

Предисторија успеха са Арианом сазана је од великог неуспеха Европљана који су од 1963. покушали да заједно направе ракету Европа.

Наиме Британци, Немци, Французи, Италијани су негде почетком шесте деценије прошлог века основали Европски центар за конструкцију ракета и ланисарање сателита који се касније променио име у ЕЛДО (**European Launcher Development Organisation**). Енглези су у то време имали балистички програм чији је први степен одлично функционисао, али су они ипак одлучили да прихвате америчку технологију за своје пројектиле која су се у то време почели ослањати на ракете које се испљивују са подморница.

Британија је тако ушла у програм са први степеном. За други степен ракете, Корали су били



ОРИГИНАЛ Технички цртеж Ариане 3 оверен је ћирилицом

био задужени Французи, а Немци за Астрис, трећи степен. Највећи проблем овакве сарадње био је што су сви степени ракете имали свој сопствени план лета односно Французи су настављали свој план после одвајања британског степена па затим Немци свој! Три ракете, једна на другој. Ниједно од чак 12 испљивања овог пројектила није успело. Лансирало се из Аустралије, из Вумере, рт Јорк, у близини полутара.

Ненад појашњава да су полутари битни јер одатле сателити могу да покривају целу земљу. Русија, иако највећа земља на свету, нема полутар те су били принуђени да имају систем од три- четири сателита који су дефиловали један за другим и то тако да је увек један био изнад пријемних станица на руској територији.

Ракета, названа је „Европа“ и састављена је била од три степена плус сателит и балистичка капа-говори Хрисафовић. Балистичку капу су радили Италијани, Белгијанци систем вођења... После 12 испљивања и грешака године 1971. **ELDO** је распуштен због тоталног неразумевања између партнера.

ГЕНИЈАЛНИ ИВ СИЈАР И ФЕДРИК Д'АЛЕСТ

ВУМЕРА
Лансирна
рампа у
Аустралији



„Са пропашћу европске ракете се нису сложили Французи Ив Сијар и Жан Пјер Фердик Д'Алест. Они су били су инжињери из француске војне лабораторије за балистичке ракете **LRBA**. У Аероспацијалу су конструисали ракету **L3S** и са њеним предпројектом почели да обилазе Европу. Нису путовали у Министарства партнерских влада већ право у велике и моћне фирме.

Ненад говори да су ова два генијална човека направили сценарио и згуснут календар за посете колегама из Европе. Отишли су у Немачку у **MAN**, представили своју ракету и понудили им да та фирма произведе за први степен моторски носач са 240 тона потиска. Затим би Италијани добили лансирну капу. Обишли су све земље са престижним предузећима и пошто су то биле моћне компаније жељне космичких изазова саме су вршиле притисак на своја министарства. Француска је наравно била мотор пројекта гарантујући да ће финансирати 60 одсто цене уз клаузулу да ако се пређе предрачун, још 20 одсто новца. Тако се родила ракета која је постала програм Ариана.

Три разлога је било зашто се ракета назвала Ариана-открива он. Први је јер је жена тадашњег француског министра задуженог за развој технологије то хтела. Други разлог је јер се то име каже на исти начин на свим језицима. И трећи, симболични разлог је јер је Ариана, ћерка Критског краља дала Тезеју конопац да изађе из лавиринта. Европска космичка наука тада се заиста налазила у лавиринту.

Са пропашћу европске ракете се нису сложили Французи Ив Сијар и Жан-Пјер Фердик Далест. Они су били су инжињери из француске војне лабораторији за балистичке ракете

Мој шеф у раду на Симфонији постављен је за главног пројектанта Ариане и одмах ме је уврстио у свој тим. Дао ми је врло широко поље рада (прорачуни и испитивања у области

аеродинамике, аеротермике, термике структуре, статике, динамике и димензионисања ракете). На основу искуства с конструисањем једрилица и авиона толико сам добро знао о нормама и димензионисању да, када је требало писати норме за Ариану, добрим делом сам их ја написао“. Она је успешно полетела 1979. Ненад Хрисафовић је као први европски инжењер добио, шест месеци пре првог лета, Сребрну медаљу Националног центра за свемирска испитивања.



АРИАНА како
је памте у
митологији

“Та Сребрна медаља је прва медаља у мом животу, и зато најдража“, вели.

Међутим и са Арианом је било проблема у почетку:

Прва Ариана је испаљена на католички Божић 1979, пет дана пре рока. Критиријум за успех био је лет првог степена, одвајање првог и другог затим лет другог потом одбацивање капе и сепарација другог и треће степена. Међутим, упалио се и трећи степен ракете и добро је радио. Успео је да одвоји сателит (наменски направљену кутија са одашиљачима) и то је био огроман успех...

Приликом другог лансирања уследио је пех.

Био сам у сали са контролном комисијом која је надгледала лансирање. Када је ракета полетела, сукнуо је необичан пламен у једном од четири мотора. Један колега, специјалиста за моторе, је тада рекао да се догодила неконтролисана експлозија у комори за сагоревање. Трбало је уништити ракету и она је и оборена. Установило се да је било ударно сагоревање у једном моменту и да мотор није био потупно стабилан. Потом је Трећи лет успео, затим четврти и ракета је проглашена опративном. Д’Алест је рекао већ на трећем испаљивању како је потребно основати предузећа Arianespace. То је прво овакво предузеће у свету, и дан данас Ариана избацује преко 50 одсто наруџбина лансирања сателита.

Био је проблема и код лансирања број пет - сећа се инжињер. Дошло је до заустављања мотора трећег степена. Једноставно, пумпе течног кисеоника и течног водоника су отказале, јер у то време још није била установљена како треба процедура Контроле квалитета делова који се уграђују. Наука је била експериментална, а материјал није био савршен. Међутим Французи су схватили како треба да поступе и послали су специјалисте код фирми које су већ у реду чекале да им се сателити избаце Арианом у орбиту. Ти стручњаци су приказали шта се догодило код неуспешних лансирања, призната је грешка и тако је купљено поверење.

Инжињер родом из Сарајева говори о колеги кога изузетно уважава:

Мој пријатељ Д'Алест, идејни творац "Аријане", у прави час је схватио да телекомуникациони сателити доносе огроман новац

“Мој пријатељ Д'Алест, идејни творац Ариане, у прави час је схватио да телекомуникациони сателити доносе огроман новац. За четири године сателит се амортизује у орбити, а може да ради још десет до петнаест година. Д'Алест је питао да ли можемо да појачамо Ариану да би у исто време могли лансирати два сателита. То је била апсолутна новина у оно време. После извршених анализа, добио је потврдан одговор и ESA (Европска космичка агенција) је одлучила да финансира програм Ариане 3. Зове ме једног дана мој претпостављени и каже:

„Хрисафовићу, дирекција је одлучила да ви будете Главни конструктор Ариане 3“. Питао сам шта је са Арианом 2. Рекао је да је она исто што и трећа верзија, само без две помоћне ракете-бустера. За место l'Architecte industriel, главног конструктора, било је кандидата из великих и познатих француских школа и у првом тренутку Хрисафовић није ни помишљао да би баш њему могло бити понуђено то место. Али кад је већ било тако, прихватио је понуду.

КАО L'ARCHITECTE INDUSTRIEL

Као први инжењер, Хрисафовић је технички водио пројектовање ракете и контролисао рад фирми из 10 европских земаља које су учествовале у овом пројекту. Када је реч о систему, ниједан захтев није могао бити одобрен без његовог печата и потписа јер је то потврђивало да предложено одговара спецификацији пројекта. Ракета је полетела 1984. и у том првом лету је беспрекорно убацила у орбиту два права сателита, а не неку макету, како је то уобичајено. За тај успех Хрисафовић је одликован француским орденом *Ordre National du Mérite*, а немачка фирма **MAN** му је доделила Медаљу **Rudolf Diesel**. Врхунац конструкторске каријере. Лансирање у сваком лету по два сателита је ушло у праксу и Ариане 3 је тако лансирала низ сателита који су били конструисани за америчку ракету **Thor Delta** и одговарали њеним спецификацијама.

Американци су према сећању Хрисафовића у то време занемарили развој своје ракете **Thor Delta** и рачунали су на лансирање Шатлом. Шатл се, међутим, показао неподобним за прецизно убацавање сателита у тражену орбиту и у једном периоду само је Ариана била на тржишту и тако покупила сав „кајмак“.

Радећи на Ариани 3 и Ариани 4, инж. Хрисафовић је више пута боравио у Гијани, где је изграђена нова стартна рампа ELA 2 за испаливање пројектила. Пре лансирања ракета наине мора стајати на рампи а у Гијани и по 28 сати се временске прилике знају променити веома брзо.

Посумњало се да међуутицај ракета - стартна рампа при јаком приземном ветру може довести до тешких оптерћења на ракети.

Требало је одредити која је гранична брзина ветра коју може да поднесе структура ракете. За та специфична испитивања је изабран аеротунел CSTB у Нанту. У овом послу Хрисафовићу је помогло искуство испитивања макете Авалског телевизијског торња, у сарадњи са професором Ненадовићем, у аеротунелу Машинског факултета у Београду.

У **CSTB**, он је увео методологију дефиниције и реализације аероеластично сличне макете и читава операција је савршено успела (**CSTB** је, каже, данас један од светских лидера у дувању аероеластичних макета мостова и вијадуката). За успешан рад на овом пољу добио је медаљу научног друштва **SEPIN**, која носи име Клемана Адлера, пионира француске авијације, који се „одлепио од земље“ пре браће Рајт. Ракета Ариана 3 је представљала врхунац Хрисафовићеве конструкторске каријере.



СТАРТ Прво лансирање ракете Ариана 3 из Гијане

ДОЛАЗАК НА ПРОЈЕКАТ ХЕРМЕС

Уследио је рад на европском Спејс шатлу названом Хермес.

Ушао сам у Национални центар као одговорни инжењер за синтезу концепције европске хиперсоничне једрилице и заменик шефа дивизије за техничка питања

Негде 1986, наш инжењер је добио понуду од Националног центра за свемирска истраживања (**CNES**), а престижну позицију у пројектовању новог европског свемирског пројекта, спејс шатлу Хермес. Прихватио је понуду и остао на том послу до пензије (1997). Предузеће Аероспатиале му није правило проблеме јер је и оно само било муштерија Националног центра.

“Ушао сам у Национални центар као одговорни инжењер за синтезу концепције европске хиперсоничне једрилице и заменик шефа дивизије за техничка питања. Мој рад је био усмерен на решавање проблема повратка из орбите космичке европске летелице Хермес. Највише сам радио на структури и материјалима“, каже.

Д`Алест је био тај који је предложио да се направи европски Шатл који би и Европљани могли да снабдевају своју будућу Космичку станицу. До тада је у свемиру функционисао само руски Мир. За разлику од прављена робусног америчког носача Шатла, Д`Алест је сугерисао да се прави „европско камионче“ за пут у свемир. Тако је кренуо програм који је одмах отворио низ питања.

Европа није имала толико пара као такмаци. Такође наши инжењери су били добри али без искуства. Морали су да науче и да раде у непознатом домену, и „*Tera inkognita*“.

НЕУСПЕХ
Европљани
нису успели да
направе свој
”шатл”



Европа се одлучила да прави „камиончић“ искључиво због своје пренасељености. Американци су имали пространство али и морнаричку флоту која је могла да чека путнике из свемира и на океану. Руси, опет, имају пространи Казахстан, док смо ми морали ићи на аеродроме на писту од 3.5 километара. Сам Хермес је био разматран и предвиђано је да га у орбиту избацује Ариана 5. Ту би се палили моторчићи који би маневрисали Хермеса до свемирске станице. Повратак ове летелице је би свима „сумњив“ и решавање тих проблема је било поверено мени. „Камиончић“ је морао да слети као једрилица на изабране аеродроме. Морао је да буде стабилан и управљив као сваки авион. Брзина слетања је такође била велики проблем јер је морала да буде мања од 110 метара у секунди. Дакле авионче мора да слети са 400 км на сат на писту не дужу од 3500 м, а да буде обложено материјалима који подноси преко температуре од 2.000°C. Чак и више, јер тачни услови загревања при повратку, посебно за мале летелице као Хермес, уопште нису били познати.

Говорећи даље о технолошким недоумицама око пројектовања Хермеса српски инжињер наводи и следеће:

Прва идеја је била да се у Хермеса уграде места за 2 или 4 космонаута са пртљажним простором и да све то скупа има тежину максимално 20 тона да би га Ариана 5 могла лансирати. Појавио се проблем како везати Хермес за будућу Космичку станицу јер је позади морао да има и систем за везивање и одвајање од станице. Та европска Космичка станица посеђујућег типа требала је да се зове МТФФ „Слободни летач“ и Немци су били ти који су били предвиђени да је изведу. Станица је замишљена да има своје моторе за стабилизацију и корекцију орбите и електричне панеле за производњу струје. У овом удруженом инжињерском европском пројекту Енглези су имали задатак да направе три сателита релеја који би кружили на око 400 километара од земље и служили за комуникацију, јер како би се „Летач“ кретао брзо и да неби изгубио контакт са Контролном станицом, један од њих је увек требао да „види“ летача и да комуницира са друга два, а тиме и са Контролном станицом на земљи.

У том периоду наш инжињер је био суочен са професионалним изазовима које пре њега нису успели да реше најелитнији стручњаци НАСА и Русије.

Ипак, имао је Ненад у овом периоду животу ипак и већих брига.

СТРАШНА 1992

Вести из бивше земље још 90-тих су постајале онеспокојавајуће а 1992. страшни рат је свим својим ужасом стигао у Сарајево. Његов народ, српски, највећи „поновац“ из историје од свих народа на Балкану „вратио се“ у 1918. односно 1941. Ненадова мајка Деса, која је захваљујући познанству са Немцем колегом у канцеларији 1941. успела да спаси породицу од физичког уништења 1992. била је смештена у Старачки дом у Сарајеву на ивици српског села Неџарићи које су, срећом, држале српске снаге.

„Још 1982. у Болу на Брачу где смо ми Хрисафовићи направили викендицу, пре свега захваљујући оцу, схватио сам да нешто није у реду са „најидеалнијом земљом на свету у којој живе најравноправнији грађани“. Те године, од суседа Срба сазнао сам за страшно шовинистичко дивљање комшија са острва који су двома цурицама Српкињама, не старијим од 16-так година, после роштиља на плажи причали „како су јеле кобасице од Срба“ ...Својој Франсин тада сам предложио да купимо кућу у Бретањи и полако се опраштамо са отоком и „оточанима“....

Ненад подсећа да почетком последње деценије 20 века интернета није било. Каже, када би звао телефоном, сви би „нешто мудровали“ те је стекао утисак да се у СФРЈ телефонске везе масовно прислушкују. Оно што је чуо од људи који су долазили у Париз варирало је од тога ко прича. Србин, Хрват или муслиман. Телевизије су опет извештавала, како која.

СТРАВИЧНО
Рат који је
букнуо 1992.у
Сарајеву био
језив



„У лето 1992. добио сам писмо из Сарајева како су од последица гранатирања рањена деца мог некадашњег комшије Вука Врховца, док је он погинуо. Било ми је наравно жао тим пре јер је његова Биљана тада имала 21, а брат 19 година. Девојка је остала без руке и имала је 17 рана на себи. Искористио сам тада ауторитет и везе који сам имао код француских власти и убрзо је Биљана војним авионом пребачена у Паризу на лечење. Са њом је стигао и брат.

Причали су нам о животу у Сарајеву, Франсин је Биљану убрзо преселила да живи са нама, вадила јој је ситне гелере из тела, обезбедили смо им лечење, па стан и школовање за ту децу...

Данас они живе у Паризу, довели су и мајку из Сарајева. Биљана је удата за Француза са којим има сина који се зове Лоуп (Вук) као и њен отац.

У лето 1992. добио сам писмо из Сарајева како су од последица гранатирања рањена деца мог некадашњег комшије Вука Врховца, док је он погинуо.

„А онда, док ми је судбина Врховца још била пред очима и због тога јер су Вукови родитељи својевремено били партизански хероји, борци, сведоци погрома нашег народа у логору Јасеновац, из мог родног града јавили су ми да ми је мајка Деса рањена у Старачком дому и пребачена не зна се где. То је био новембар 1992.

„Шок је био велики. Пријатељи Французи са којима сам радио понашали су се дивно. Мало мало у тим данима док нисам знао шта је са мајком неко од њих би долазио да ме немо тапше по рамену. Ти дивни људи скупљали су и лекове, одећу, слали су Србима. А онда ми се из Сарајева, не знам како, јавила наша пријатељица Борка Цветковић која је живела на српским положајима у насељу Грбавица и која је, уз огроман ризик, прешла цео пут којим је моја мајка пренешена на Пале. Од тада ми је та госпођа постала сестра и чак више него рођена сестра. Док је таквих међу нама, српски народ неће пропасти.

„...Ненаде мајка ти је озбиљно рањена и пребачена у Београд на Војномедицнску академију - била је њена прва реченица. Потом је испричала сторију која ме потреса свако јутро када помислим на мајку.

У Дому за пензионере 1992. када је почео рат било је око 270 старијих особа. Њихови лекари и неговатељице су се разбежали, јер се Дом нашао на линији раздвајања српских и муслиманских снага. Две жене су само остале да их пазе.

„...Мајка је тај дан, који је изгледао да ће бити миран, изашла са другарицом, Хрватицом, да прошета у делу дворишта које је било у мртвом углу за муслиманске снајперисте. Старије жене су се изгледа мало опустиле, коракнуле мало даље и мајчина колегиница је добила смртоносни метак док је Деси разнета бутна кост. Са српских положаја није могло да се приђе од снајперисања, али су зато ту дошли војници УНПРОФОР, вероватно “моји” Французи, који су направили заклон оклопним колима и Деса је пребачена до српске ратне болнице у Блажују. Оданде, неки савесни лекар упутио је санитет са мојом мајком до Пала путем којим се тада ишло више од пола дана. Све је Деса издржала. И пут и обраду ране у болници на Корану. Како је и ко моју мајку ставио у хеликоптер српске војске за ВМА никада нисам сазнао, али је на њеној упути било написано „рањена у војним дејствима“. То јој је спасило живот, јер је била третирана као рањени борац.

ЗА БОЖИЋ У СРПСКОМ САРАЈЕВУ

„...Пред Божић 1993. сам отишао у Београд. Деса је лежала озбиљно рањена, а тих дана имала је и мождани удар. То је био њен крај. Моја тетка Дивна причала ми је да када је дошла је да види у болницу, Деса је отворила очи и ова јој је саопштила: “Не бој се сестро, поново си у Београду”. Сестре су се узеле за руке... Деса је склопила очи и рекла: “У Србији...”. Сетио сам се тада, а и данас се сећам оног тренутка у возу Ћири на путу за Београд 1941. када је после немачког жандара у Босни, у Србији ушао кондуктер са ознакама Југословенске краљевске железнице. Моја Деса се ту поново „родила“ у том возу, схвативши да смо умакли од злочина комшија фашиста. Вероватно је и 1992. пред Дивном у болници имала тај исти блажени израз лица.

Ненад је крај 1992. и јануар наредне године провео у Београду и на Палама.

„За Божић 1993. отишао сам у Српско Сарајево, у Лукавицу. Хтео сам пре свега да видим ту жену Милену која је храбро остала уз старце док је на њих пуцано са свих страна. Страдало је 27 старих, рекла ми је тада Милена. Позвао сам ту хероину да подели Бадњу вечеру са мном у кафани која је радила и у сред рата и она је заиста пристала. Ушли смо и сели за најлепши сто. У сред приче, пришао је конобар, и замолио нас да напустимо репрезентативни сто јер, ето, стигли су француски официри који су га резервисали. Господа су нам пардонирала....

Наравно устао сам. На њиховом, и мом француском језику сам им одговорио: “За сто и због тога што ме одвајате са њега, као кавалџер вам опраштам. Не могу да Вам опростим што сте у мојој земљи са задатком који Ви не разумете”.

Уследила је хладна тишина. Најстарији официр, помало арогантно је упитао а ко сам то ја да им делим геополитичке лекције.

„Господо, ја сам витез ордена **Pour le Mérite** ваше земље. Показао сам легитимацију и тишина је постала још леденија. Момци су после, заиста послали флашу вина за наш сто. Мислим да их је било срамота.

После Case о Сарајеву и излета у емоције на овом месту инжињер се вратио струци.

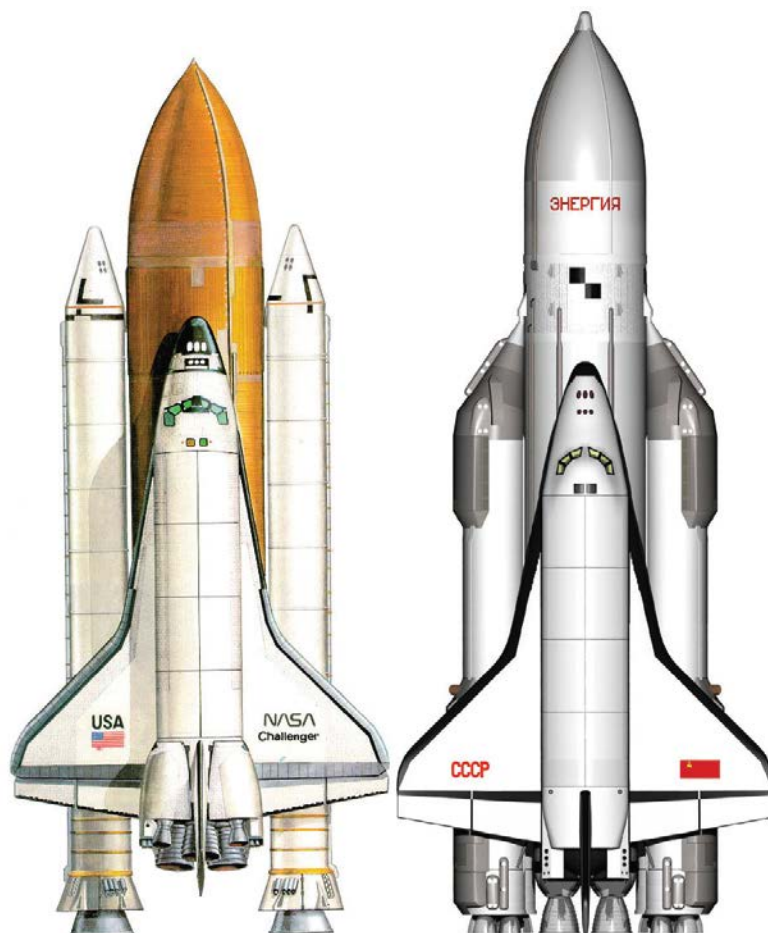
SPACE SHUTTLE И БУРАН

Морам да кажем да су током покушаја „космичког искорака шатловима у свемир“ многи научници широм света били згрожени ризиком који подухват носи. Имао сам срећу да сам се током инжињерске каријере у више наврата на стручним семинарима сусретао са руским најелитнијим научницима и да су ме они поштовали. Често сам путовао у Русију и постао сам добар колега са легендарним Лозино-Лозинским, оцем њиховог шатла Буран. Моје знање руског језика ми је доста помогло и тај стари господин ме је третирао као млађег и важног колегу.

Имао сам привилегију да ме рецимо Лозински својим „волвом“ са ротационим светлом дочекује на аеродромима и без пардона је причао о технолошким стварима код овакве врсте летелица.

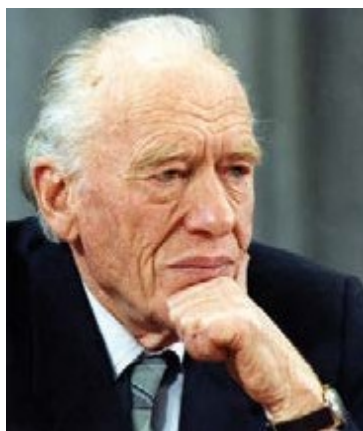
Сазнао сам рецимо и како су се Руси одлучили да праве летелицу која је личила на амерички Шатл. Прича иде из прве руке.

Летелица Буран у ствари је била „други стручни пик“ код израде космичког брода нове генерације у великој земљи осамдесетих година. Инжињер Глушко који је тада водио руски програм ЕНЕРГИЈА, одабрао је између више интересантних решења изглед брода који подсећа на амерички шатл из чисто „руских разлога“. Лозинском је саопштио своју одлуку уз образложење: “Ако ми победимо са својим другачијим конструкционим виђењем свемирског теретњака, неће нам бити први пут. Ако случајно омашимо била би национална катастрофа. Овако ако и Американци са Шатлом омаше и ми са Бураном неће се догодити ником ништа“.



SHUTTLE и БУРАН два конкурента

Шатл Буран летео је само једном у Русији 1988. са огромним успехом. Ланисаран је ракетом Енергија и вратио се на земљу промашивши осу писте за свега један метар. Буран је летео без посаде, а Лозински није крио да је у великом рату са „пилотима“ односно космонаутима...



ЛЕГЕНДЕ инжињери Каровљев и Лозино Лозински

„То су „чортови“ (ђаволи). Шта ће њима чеона кабина са прозорима као да се нешто питају док лете. Ако случајно они преузму команду током слетања или у другој фази лета могућа је само катастрофа - причао је Хрисафовићу славни Рус.

По слетању на Бурану је примећено да је отпао део оплате мада је то било далеко

мање него што је то био случај код летова шатла - говори даље наш инжињер. Проблем је био очигледан и велики, јер материјал за овакве летелице на земљи још није био створен. Други лет Бурана планиран је за 1993. али пошто основна ствар није била решена, а и СССР се распадао, програм је обустављен. Лозински је Ненаду показао и другачија руска решења космичких летелеца, много интересантнија од Шатла и пошто се наш стручњак вратио у кући, имао је шта да исприча Французима.

„Ценим све колеге, али Русе можда највише. Оно што је њих убијало била је бирократија пред којом су чак и највећи инжињери из ове земље погињали вратове. Од свих њихових људских и инжињерских прича које сам чуо највише ме је погодила она о смрти Каровљева генијалног оца „седморке“ која је Гагарина, а пре њега Лајку, послала у космос. Овај човек би још живео и радио да се здрава памет питала...

„Каровљев је на самом врхунцу своје инжињерске славе у једном тренутку у Конструктивном бироу осетио бол у стомаку и пошто је „отворен“ на хирушком столу у војној болници у близини његовог Конструктивног бироа, његов налаз из стомака је послат у Москву у болницу ВИП док је он остао у наркози. Међутим, док се Каровљев оперисао није било дежурног официра да пошаље хеликоптером узорак, већ је пошао курир на мотору. Наравно, заглавио је у сабраћају и када је дошао у лабораторију налази су показивали канцерогено ткиво. Испоставило се тада да лекар, због чувања тајне, не сме извештај да проследи телефоном, већ је поново курир сео на мотоцикл. Када је најзад дошао, највећи руски инжињер је већ био мртав.“

„Лозински је био, у почетку каријере, одговорни инжињер моторне групе авиона МИГ 1 и 3 и био је одличан инжењер. Глушко, конструктор легендарне ракете Енергија, такође је био сјајан али и он „повијене“ инжињерске кичме. Они нису имали проблем са знањем, парама и са идејама али... Ко зна где би Руси одскочили да није било страха - закључује Ненад.

О америчком „спејс шатлу“ Хрисафовић говори:

После брилијантног завршетка програма Аполо, појавиле су се у НАСА две тенденције:

-Програм освајања планете Марс за који је екипа фон Брауна имала предпројекат ракете Нова.

-Програм инсталације у ниској орбити (300-500 км) где би искористили безтежински услови за производњу материјала и компонената материјала који су врло компликовани да буду изведени на земљи. Такви објективи, који нису били тачно идентификовани, требали су да отворе нове перспективе у производњи.

„Космос ће бити економичан или га неће ни бити“ била је парола противника експедиције на планету Марс.

То мишљење је преовладало и приступило се конструкцији Спејс Шатла, фон Браун је напустио **NASA** и заузео једно одговорно место у компанији **Farchield**. Његове космичке активности у домену ракета велике носивости су дефинитивно завршене.

Спецификације за конструкцију Шатла су биле као копија оних за транспортну авијацију: велика запремина носивог простора, бар три лета у ниску орбиту месечно, радни ресурс од 100 летова уз веома мале ревизије после сваког лета. Сва питања и проблеми идентификовани или још не „биће решени у току развоја летилице“! Менаџери и бирократе су потписали велики чек „на бело“ и резултати нису могли да изостану. Коначну пресуду таквом програму је дао шеф Истражне комисије после катастрофе навете Колумбиа Халл Гехман: „У интересу нације је да се Спејс Шатл замени што је пре могуће“.

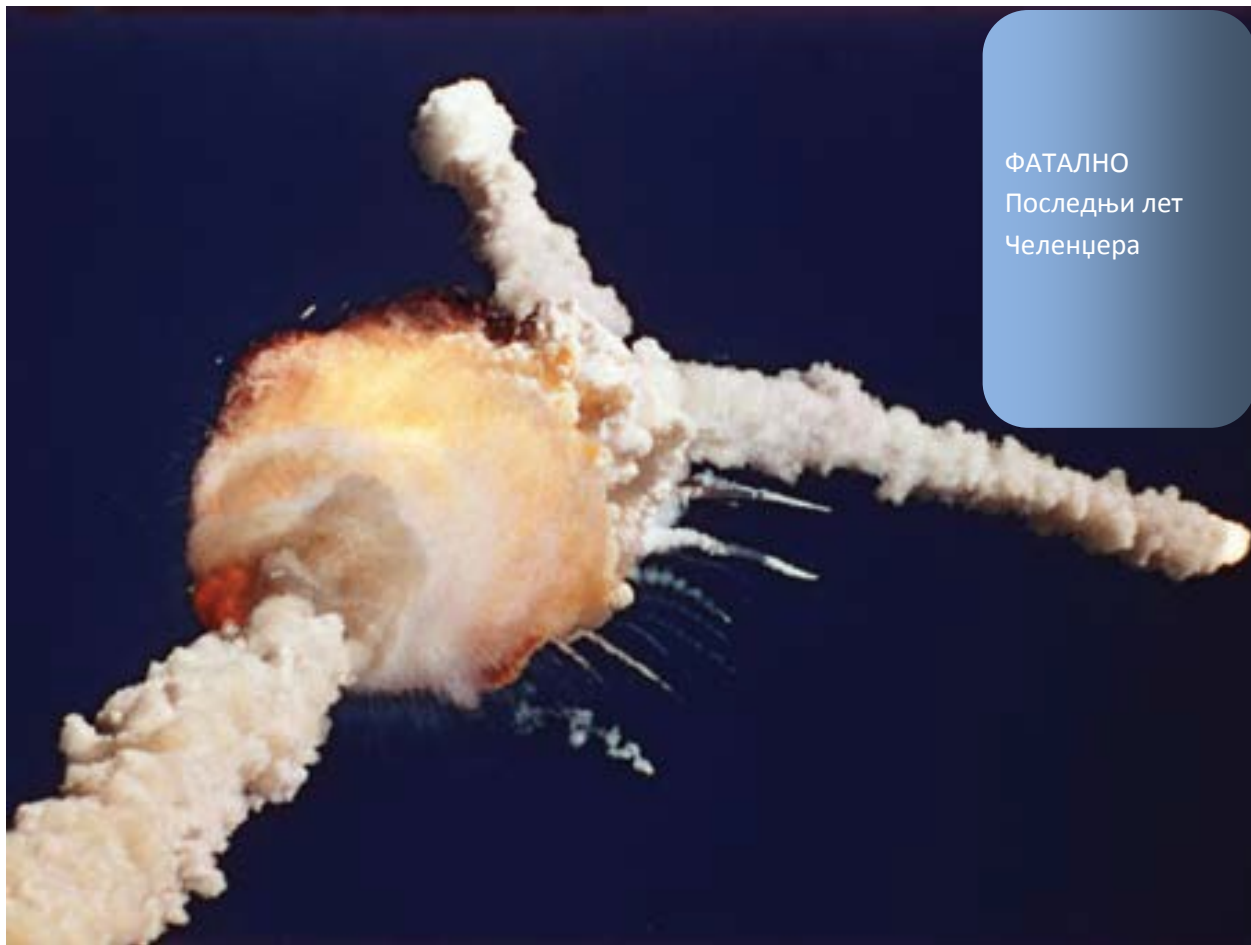
Тиме је епизода те накарадне концепције дефинитивно завршена

„Шатл су почели да раде не знајући каква му је заиста термичка заштита. Постојале су паре али и рокови до којих научници нису успели да нађу решење. Први Шатл који је летео на Боингу 747, пошто је слетео испоставило се да је уз пут изгубио две трећине термички заштитних плоча. Тада су одлучили да плоче лепе и да квалитет лепљења проверавају вакумским пиштољем. Међутим пиштољ сам по себи може да нанесе повреду лепљеном слоју.

Када се Челенџер распао приликом лета, основана је Европска комисија за безбедност (Француска, Енглеска, Белгија и Немачка) са задатком да етапно контролише све што је у вези са сигурношћу ракете-носача и самог Хермеса. Хрисафовић је Комисији поднео неколико стручних реферата. За радове на новим материјалима, Француска Национална Академија за Ваздухопловство и Космос је Ненаду Хрисафовићу такође доделила Сребрну медаљу.

Шатл “Буран” летео је само једном у Русији, 1988, са огромним успехом. Ланисарн је ракетом “енергија” и вратио се на земљу промашивши осу писте за свега један метар

КАТАСТРОФЕ ЧЕЛЕНЦЕРА И КОЛУМБИЈЕ



ФАТАЛНО
Последњи лет
Челенџера

Програм Хермес је напуштен пошто је потрошено неких милијарду долара. Такође и **MTFF**. Хермес је требао да буде „мост“ између европске посећујуће станице и земље.

Катастрофе Челенџера и Колумбије су показале да су бројни технолошки проблеми остали нерешени и шатлови данас не лете. Мислило се да мањи бродови типа Хермес или мањи шатл имају и мање конструктивних проблема али тек то се показало ризично и у пројектовању. Конструкторска лутања су трајало скоро 40 година.

Програм “Хермес” је напуштен пошто је потрошено милијарду долара. Такође **MTFF**

“Када се одустало од Хермеса и ја сам одахнуо“, вели Хрисафовић. „Пошто је читав програм стао, постављен сам на место Техничког саветника Директора ракета носача сателита“. У том својству, осим решавања техничких проблема уочених у експлоатацији ракете носача сателита „Ариана 4“ и у развоју „Ариане 5“, био сам председник контролне комисије развоја бразилске ракете носача сателита **VLS 1** и члан експертског тима који је решавао проблеме у развоју трећег степена ракете носача кинеског сателита **Long March 2E**.



Адмирал Хал Гемшај, шеф тадашњег надзора у Конгресу ,завапио како је “у интересу нације да се прекине са овим летовима”.

ЕКСПЛОДИРАО Шатл Колумбија



У међувремену, пошто је пао и други шатл, а адмирал Хал Гехман шеф тадашњег надзора у Конгресу завапио како је „У интересу нације да се прекине са овим летовима“, српски инжињер је сео и написао следеће синтезе:

ISTRAGA POVODOM KATASTROFE ORBITERA KOLUMBIJA

DINAMIČKA PROBA OTPORNOSTI NAPADNE IVICE LEVOG KRILA

NENAD V. HRISAFOVIĆ, inženjer konsultant, - Francuska

Pregledni rad

UDC:629.782.025.1.001.575.004:624=861

UVOD



Posle analize video i telemetrijskih merenja leta STS-107 svemirske letilice Kolumbija (slika 1), kao i posle analize sakupljenih ostataka na zemlji, istražna komisija je počela svoje aktivnosti na bazi pretpostavke da je fizički razlog katastrofe letilice bio sudar elementa termičke zaštite spoljnog rezervoara sa napadnom ivicom levog krila letilice. Nastalo oštećenje bilo bi prouzrokovano jednim od odlomaka termičke zaštite koji su se odvojili od kriogenkog (spoljnog) rezervoara letilice u visini prednje veze letilica-rezervoar i koji se sudario sa donjakom napadne ivice levog krila u visini elementa n°8 (slika 2). Taj scénario je zadržan i do završetka radova istražne komisije i naveden u njenom izveštaju (Chap. 3-Accident Analysis) kao fizički uzrok katastrofe orbitera Kolumbija.

Posle rekonstrukcije trajektorije u penjanju, eksperti komisije su ustanovili da se sudar odigrao u 81,9 sekundi posle poletanja. Osnovne karakteristike trajektorije u tom trenutku bile su: Mach=2.4 H=20 000 m. $q=23410$ Pa, što odgovara brzini letilice od $708 \text{ m/sec}=2548 \text{ km/h}$.



Slika 2

Komisija je zaključila da je neophodno izvršiti proračune otpornosti napadne ivice krila na udar, a zatim i eksperimentalnu proveru na postojećim instalacijama u laboratoriji. Određivanje dimenzija otkinutog dela termičke zaštite rezervoara i tačnog položaja zone sudara na napadnoj ivici krila, kao i određivanje reda veličine ostalih uticajnih parametara: težina odlomka, upadni ugao udara, azimut, kao i njihove moguće kombinacije su bile neophodne polazne vrednosti kako za proračune otpornosti, tako i za izvršenje eksperimentalne provere.

Kao izvor podataka su korišćeni snimci Kolumbije u letu: fotografska kamera velike brzine E212 snimala je, u kritičnom trenutku leta, sa udaljenosti od 17 milja (27,2 km) gornjaku letilice i video kamera ET208, sa udaljenosti od 26 milja (41,8 km), donjaku letilice (slika 3). Analiza snimaka je bila ograničena malim brojem raspoloživih snimaka koje je još trebalo i uveličati do krajnjih granica fotografske rezolucije (slika 4).

Odvajanje jednog odlomka termičkog štita sa površine spoljnog rezervoara je jasno identifikovano, kao i red veličine njegovih dimenzija. Konstatovano je da je proteklo 0,161 sekundi od odvajanja odlomka do sudara sa napadnom ivicom levog krila. Što se tiče relativne brzine odlomka- orbiter i u nedostatku pouzdanih repera, ta brzina je određena proračunom u granicama 625-840 feet/sec (191-256 m/sec). Trodimenzionalna analiza trajektorije Kolumbije i primena matematičkog modela strujanja realnog fluida oko svemirske letilice je pomogla da je relativna putanja odlomka od rezervoara do napadne ivice levog krila određena sa, smatralo se,

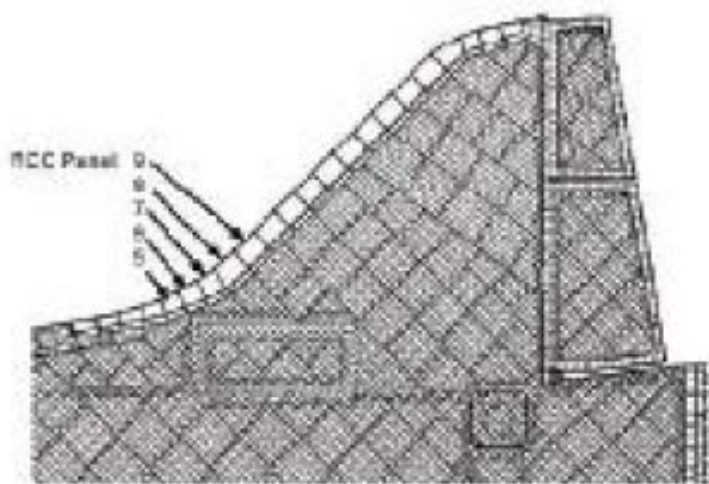
zadovoljavajućom tačnošću. Kombinacija uticajnih parametara je dovela do zaključka da je interval mogućih brzina udara smanjen na 775-820 feet/sec, tj 236-250 m/sec. Što se tiče veličine i oblika odlomka, njegovog odgovarajućeg koeficijenta aerodinamičkog otpora kao i njegove mase u trenutku udara, stvarne vrednosti verovatno nikada neće biti poznate.

KONCEPCIJA I REALIZACIJA TERMIČKOG ŠTITA SPOLJNJEG REZERVOARA

Termički štiti spoljnog rezervoara letilice je realizovan od sintetičke penušave mase sa zatvorenim ćelijama čija specifična težina, u zavisnosti od gustine penaste strukture, varira od 32 do 45 kg/m³. Mehaničke karakteristike tog materijala su takve da može da podnese dinamičke pritiske u letu od preko 50.000 Pa, a niski modul elastičnosti dozvoljava, bez prskotina, značajne promene geometrije rezervoara uslovljene veoma niskim temperaturama tečnog kiseonika i tečnog vodonika koje sadrži rezervoar. Debljina štita je određena iz uslova da temperatura spoljne površine mora biti uvek pozitivna da bi se izbeglo formiranje leda, a time izbeglo i oštećenje štita. To je veoma strog zahtev obzirom na veliku vlažnost vazduha u Floridi i obzirom da je temperatura zida rezervoara tečnog vodonika oko -255°C, a zida rezervoara tečnog kiseonika oko -185°C.

KONCEPCIJA, REALIZACIJA I SERTIFIKACIJA NAPADNE IVICE KRILA

Napadna ivica krila orbitera je sastavljena od 22 različita elementa (slika 2) koji su realizovani od ugljeničnog kompozitnog materijala C-C: osnova istkana od ugljenih vlakana ojačava ugljeničnu matricu. Zaštita od interlaminarne oksidacije je postignuta nabacivanjem međuslojeva silikon karbida debljine -0.5 mm i pečena u peći sa neutralnom atmosferom do oko 1660°C. Za tako



dobijeni element (jer se istovremeno fabrikuje i element i materijal) sigurna lokalna temperatura je 1270°C. Elementi napadne ivice, kao i ostali elementi strukture orbitera su izrađeni da podnesu predviđenih 100 misija letilice, ali u pogledu termičkog zamora, elementi n°8 do n°12 su se pokazali manje pouzdani: broj dozvoljenih misija za element n°8 je smanjen još pre katastrofe na 62 misije, za element n°9 na 50, za element n°10 na 53, za element n°11 na 58 i za element n°12 na

61 misiju. Razlog je bio veće zagrevanje od predviđenog pri povratku iz orbite u gušće slojeve atmosfere. Što se tiče aerodinamičkih opterećenja, najopterećeniji je element n°17.

Sertifikacija elemenata na termička opterećenja je izvršena programiranim zagrevanjem pomoću električnog luka. Rezultati opita su pokazali da za višekratnu upotrebu materijal može da podnese temperaturu od 1640°C u ukupnom trajanju od 600 sekundi. Opit na otpornost je vršen do koeficijenta sigurnosti 1,2 sa namerom da se proračunom dokaže propisana vrednost za kompletan orbiter od 1.4 u početku njegovog radnog ciklusa.

Moglo bi se zaključiti da je time u glavnim crtama proces sertifikacije završen. Ali pokazalo se, kao u mnogim drugim svemirskim programima, da razvoj nove i neophodne tehnologije nije uvek u saglasnosti sa ritmom razvoja samog programa (planing, finansijska sredstva). U slučaju Kolumbije, njen prvi let (koji je bio uopšte prvi let "svemirskog taksija"), planing nije dozvolio da se izvrše opiti koji bi dokazali da je zahtevana minimalna mehanička otpornost elemenata napadne ivice (koeficijent sigurnosti na lom 1,2) zadovoljena i posle 100 propisanih letova. Međutim, dobro je poznato da kombinovani uticaj oksidacije, visokih temperatura i visokih lokalnih pritisaka (čak i ako ne deluju simultano) smanjuje radni potencijal jedne svemirske strukture. Možemo se sa pravom upitati zašto ti opiti nisu izvršeni i posle prvih letova svemirskih letilica? Pitanje finansija, bez sumnje.

Posle katastrofalnog 25 leta Kolumbije odobreni su novi krediti, ali pre svega za radove istražne komisije za koju su eksperimentalni rezultati sudara odlomka termičkog štita spoljnog rezervoara sa napadnom ivicom levog krila bili ključna tačka tehničkog objašnjenja nastalog udesa Kolumbije.

DINAMIČKA PROBA OTPORNOSTI NAPADNE IVICE KRILA

Dinamička ispitivanja na udar elementa n°8 su izvršena posle detaljne analize rekonstrukcije uticajnih parametara leta i izbora ulaznih veličina za izvršenje opita i podeljena na dve faze: pripremnu i izvršnu.

Pripremna faza opita je bila posvećena lomljenju više lažnih napadnih ivica izvedenih od epoksi smole ojačane staklenim vlaknima u cilju tačne reglaže instalacije kao i konačnog doterivanja izvršne procedure opita. Po uspešnom završetku te faze pristupilo se dinamičkoj probi stvame napadne ivice krila. Element koji je izabran kao opitni objekat je element n°8 napadne ivice orbitera Atlantis za koji se smatralo da bi, posle 26 izvršenih misija, mogao verno da predstavlja odgovarajući element orbitera Kolumbija.

Tim odgovornih stručnjaka je odredio sledeće ulazne veličine za opit:

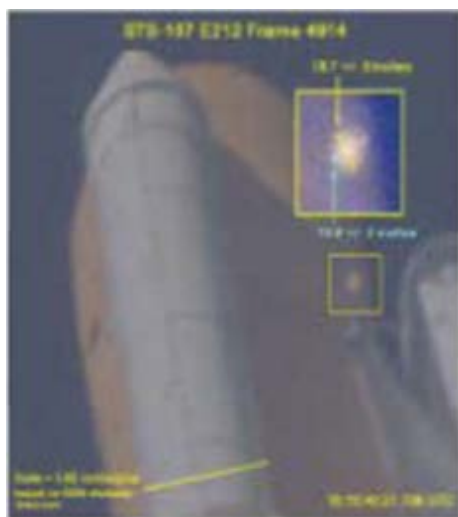
- zapremina otkinutog elementa termičke zaštite 1200 cinch (19,7dm³)
- težina elementa 1,67 lb (0,76 kg)
- brzina u trenutku udara 777 feet/sec (237 m/sec)
- napadni ugao 25,1°
- azimut 30,0°

Ispitivanje otpornosti na udar je izvršeno u Southwest Research Institute (San Antonio, Teksas) na jednoj već postojećoj instalaciji: specijalna udarna cev četvrtastog preseka, dužine 30 ft, ispaljuje, pod pritiskom komprimovanog azota, projektil u obliku paralelopipeda izvedenog od istog termoizolacionog materijala kojim je pokriven spoljni rezervoar letilice. Osnova paralelopipeda (11,5 inch x 5,5 inch) odgovarala je unutrašnjim dimenzijama udarne cevi; visina paralelopipeda (19 inch) odgovarala je zahtevanoj zapremini i težini hipotetičnog otkinutog elementa termičke zaštite. Projektil je ispaljen zahtevanom brzinom od 237 m/s na metu-element napadne ivice n°8 koja je bila postavljena na kratkom rastojanju od izlaznog otvora udarne cevi pod propisanim napadnim uglom i azimutom.

Udar projektila je prouzrokovao rupu u napadnoj ivici dimenzija 40 x 43 cm što je odgovaralo redu veličine proračunom predviđenih oštećenja. Konstatovana je i jedna prskotina dužine 28 cm na neslomljenom delu napadne ivice. Tri veća odlomka su pronađena u šupljini napadne ivice od kojih su dva imala površine od 550 cm² i 480 cm². Moguće je primetiti da uloga tih odlomaka, čije postojanje i uočene dimenzije ne moraju biti vema reprodukcija oštećenja koje je Kolumbija pretpela u usponom delu leta, nije tačno određena. Moguće je da su oni ostali u šupljini krila ali i da su se odvojili od letilice tokom njenih manevara u orbiti. Bilo kako bilo, komisija smatra "da je izvršeni opit neosporan dokaz da je jedan odlomak termičkog štita spoljnog rezervoara letilice mogao da prouzrokuje ozbiljno oštećenje napadne ivice levog krila orbitera Kolumbija. Komisija je zaključila da je element n°8 mesto gde je odlomak termičkog štita teško oštetiо svemirsku letelicu Kolumbija na trajektoriji zemlja-radna orbita 23. januara 2003. u okviru misije STS-107". Uprkos tako kategoričnog zaključka, nedostaje jedan veoma važan podatak: izgleda da posle završenog opita nisu izvršena merenja mehaničkih karakteristika kompozita C-C na slomljenom elementu napadne ivice. Ti rezultati bi mogli pokazati u kolikoj meri se degradirala mehanička otpornost elementa n°8 posle 26 izvršenih misija letilice Atlantis, dakle u kolikoj meri je stvamo smanjen životni potencijal orbitera posle izvršenja samo jedne četvrtine predviđenih misija.

ANALIZA REZULTATA; KOMENTARI; ZAKLJUČAK

Dakle, jedno parce termičkog štita težine 0,76 kg, što odgovara težini zrna artiljerijske granate kalibra 37 mm, je udarilo u napadnu ivicu krila orbitera brzinom od 237 m/sec što takođe odgovara brzini tog zrna na udaljenosti od nekoliko stotina metara od usta cevi! Ako bi to bilo tačno i ako su parametri opita zaista koherentni sa pretpostavljenom otpornosti napadne ivice, ta napadna ivica bi morala imati debljinu ne mnogo manju od debljine oklopa nekog bornog vozila! Kako to nije slučaj, pitamo se šta se ustvari htelo dokazati izvršenim eksperimentom? Da li se htela pokazati otpornost (ili nedostatak otpornosti) napadne ivice krila na udar čija kinetička energija je jednaka energiji kojim zrno kalibra 37mm udara u metu, makar ta energija bila unekoliko smanjena deformacijom opitnog projektila u trenutku udara u napadnu ivicu? To bi bilo kao hteti proveriti otpornost ljuske bubamare na udar čekićem, makar taj čekić ne bio čelični, nego gumeni! Da li se time htelo doterati matematički model strukture napadne ivice? Sigurno ne: odgovor strukture na udar je nelinearne prirode i doterivanje modela se može izvršiti samo u uskim granicama parametara izabranih za dinamičku probu.



Pitamo se u kolikoj meri su pouzdani parametri izvršenog opita, jer se radi o otkinutom komadu penaste mase, a ne o artiljerijskom zrnu. Brzina svemirske letilice u T=81,9 sec je bila 708 m/sec (Mach=2,4). Relativna brzina odlomka neposredno pred udar u krilo je određena proračunom 237 m/sec. Znači, usporenje brzine odlomka (podsećamo da je relativna brzina odlomka u T=81,74 sec bila V=0 m/sec) je V=471 m/sec. Kako je trajanje leta odlomka od otkidanja do udara u krilo bilo $\Delta T=0,161$ sec (jedini pouzdani podatak koji je film mogao da dâ), odgovarajuće usporenje odlomka neposredno pred udar napadne ivice u odlomak je $\Gamma=dv/dt = 471/0,161 = 2925,5 \text{ m/sec}^2 = 298,2 \text{ g}$! Parče betona,

cigle, možda čak i lameliranog tvrdog drveta bi mogli verovatno da podnesu takvo negativno ubrzanje, ali jedan blok penušave mase, sigurno ne. Da li je senka, koja se vidi na maksimalno uveličanim snimcima letilice na polovini putanje spoljnji rezervoar-levo krilo (dakle na polovini gore navedenog negativnog ubrzanja) homogeni odlomak ili oblačak koji okružuje blok koji se već raspada pod uticajem sila inercije? Ako je to slučaj, koji deo bloka (i koje težine) je konačno udario u napadnu ivicu krila? 300 grama, 200 grama, 100 grama? Pitanje ostaje otvoreno.

Pitanje brzine takođe ostaje otvoreno: relativna brzina udara je dobijena posrednim, računskim putem, pretpostavljajući da odlomak ima konstantnu formu i masu. Ako to nije slučaj, usvojena relativna brzina od 237 m/sec nije realna. Ona je po svojoj prilici preterano velika, jer raspadanje bloka na deliće utiče na brzine tih delića, smanjuje ih, a time uveliko i energiju udara tih delića na napadnu ivicu. Da li je pod uticajem takve rezultantne mikro-energije mogla napadna ivica da se polomi? I to pitanje ostaje otvoreno.

Dobro, ali kako se onda odigrao eksperiment u laboratoriji? Usvojene dimenzije bloka su bile dimenzije raspoložive udarne cevi četvrtastog preseka: 11,5 inch x 5,5 inch (291 x 139 mm). Da bi se zadovoljila predviđena težina od 0,76 kg, usvojena je debljina bloka od 19 inch (480 mm). Taj blok je potisnut komprimovanim azotom u cevi gore navedenog preseka i izbačen propisanom brzinom od 237 m/sec na element napadne ivice koji je bio pričvršćen u neposrednoj blizini izlaznog otvora cevi. U takvom uređaju integritet bloka-projektla nije bio doveden u pitanje, a time ni razorno dejstvo udara na napadnu ivicu.

Činjenica je da su u rupi nastaloj u napadnoj ivici pronađena tri povećana odlomka. To pokazuje da je prouzrokovani lom rezultat gotovo ravnomerno izvršenog pritiska na napadnu ivicu, što takođe dokazuje da je u trenutku udara blok-projektla bio u jednom komadu. Ako je to bio i slučaj u fatalnoj 81,9 sekundi leta Kolumbije i ako su težina odlomka i njegova brzina udara bile takve kakve su specijalisti istražne komisije odredili za eksperiment, jasno je da takav eksperiment nije imao nikakve svrhe: nema te napadne ivice koja bi podnela udar mase koja odgovara masi jednog artiljerijskog zrna i koja udara u metu brzinom koja odgovara brzini jednog artiljerijskog projektla!

Dobro, ali čemu je služila čitava serija skupih eksperimenata koji su zahtevali preciznu i dugotrajnu reglažu instalacije lomljenjem više lažnih napadnih ivica? To je bar jasno: zbog javnosti koja je zahtevala hitno objašnjenje uzroka loma Kolumbije. Bilo je jednostavnije optužiti odlomke termičkog štita za katastrofu nego izneti na videlo nedostatke u koncepciji letilice, u sertifikaciji elemenata, u kontroli i održavanju između dva leta, u adaptaciji ("misionizaciji") za svaku od predviđenih misija u orbiti i, pre svega, u menadžmentu NASA baziranom na principu "success oriented".

Trebalo je isfabrikovati za medije jedan lako prihvatljiv scénario makar on ne bio pouzdaniji od onog o postojanju oružja za masovno uništavanje u Iraku 2003. godine. Jer, što se tiče verodostojnosti, kao što se to pokazalo u mnogim drugim slučajevima, ona je poslednja briga oglašivača.

Od katastrofe Kolumbije do objavljivanja konačnog izveštaja je prošlo sedam meseci; javnost se unekoliko smirila i preporuke komisije koje se tiču oštećenja napadne ivice u letu, su svedene na sledeće tri:

termički štiti spoljnog rezervoara svemirske letilice

(R3.2-1):

"Pokrenuti energičnu akciju sa ciljem da se eliminišu svi eventualni izvori odvajanja odlomaka termičkog štita i posebno u blizini prednje veze orbiter- rezervoar".

napadna ivica krila letilice (R3.8-1) :

"Učiniti neophodno da se sve odluke koje se tiču održavanja napadne ivice krila i njenih nosača, kao i ostalih elemenata termičke zaštite orbitera, budu bazirane na njihovim specifikacijama. Te odluke moraju biti oslobođene od bilo kakvih presija kao što su planing, finansije ili neki drugi razlozi".

(R3.8-2):

"Razviti, potvrditi i održavati fizičko- matematički model proračuna otpornosti napadne ivice krila izloženog udarima odlomaka. Taj model treba da da realna predviđanja oštećenja prouzrokovanih nekim odlomkom koji bi udario u orbiter. Uočavanje oštećenja bi pokrenulo neophodnu korektivnu akciju, čak i kontrolu i popravke u orbiti, ako je tako predviđeno".

Dakle, istražna komisija je bacila težište na pooštrenje kontrole stanja svih elemenata napadne ivice krila i ostalih elemenata termičke zaštite orbitera posle svakog leta, na njihove eventualne popravke ili čak zamene, a što nije, reklo bi se, bilo rađeno kako je trebalo i kada je trebalo. O nekom eventualnom ojačanju napadne ivice nema ni govora i sa te strane izvršeni opiti nisu doneli nista novo.

Ali, kako je došlo do oštećenja napadne ivice u letu? Po našem mišljenju, raspršeni delići jednog odlomka su mogli, uprkos mikro-energije koju su uneli u udar, da oštete napadnu ivicu, ali samo ako je ona već bila na ivici mehaničke otpornosti bilo usled termičkog zamora uslovljenog sa 24 prethodne misije, bilo usled unutrašnje oksidacije kompozita C-C, bilo usled nekog drugog i ne konstatovanog oštećenja. Ovakva diagnoza dovodi ozbiljno u pitanje kapacitete ekipa za održavanje **NASA**, ali takođe i samu koncepciju i nedovoljno razvijenu i nedovoljno osvojenu tehnologiju svemirske letilice čiji predviđeni radni vek je stotinu misija.

Istražna komisija je konačno i došla do tog zaključka i preporuka njenog predsednika "da je u interesu nacije da se nebeski taksu zamenu što je moguće pre", znači smrtnu presudu u doglednom roku za tri preostale svemirske letilice.

Dinamička proba otpornosti napadne ivice je medijski uspela operacija, takođe na finansijskom planu za timove koji su vršili proračune i izvršili opit, ali u tehničkom smislu taj opit je promašaj. Što se tiče američke publike, njoj je servirana jedna dobro pripremljena "šarena laža".

LITERATURA

[1] Columbia Accident Investigation Board (CAIB), National Aeronautics and Space Administration (NASA) Accident Investigation Team (NAIT), Working Scénario, Final Version, July 8, 2003

[2] Columbia Accident Investigation Board (CAIB), Report, Volume 1, August 2003

[3] NASA'S Implémentation Plan for Return to Flight and Beyond, September 8, 2003

PITANJE ZAMENE AMERIČKOG ORBITERA JEDNOM MALOM SVEMIRSKOM LETILICOM

NENAD V. HRISAFOVIĆ, inženjer konsultant, Francuska

Pregledni rad UDC:629.786/.788=861

U radu je dat naučni i stručni osvrt na trenutno stanje i perspektive orbitalnog svemirskog transporta i snabdevanja međunarodne orbitalne stanice koji su nastali posle katastrofe prvog svemirskog orbitera "Kolumbija". U radu su analizirana četiri moguća koncepta orbitalnih letilica sa glavnim problemima koji se javljaju pri povratku iz orbite, uključujući, probleme aerodinamičkog zagrevanja, efekta razmere i aerodinamičkog oblika orbitalnih letilica.

I. UVOD

Publikacija izveštaja američke komisije koja je istraživala uzroke katastrofe orbitera Kolumbija (CAIB) je bila popraćena izjavom njenog predsednika admirala Hall Gehman-a "da je u interesu nacije da se nebeski taksi zameni što je moguće pre".

Njegova sugestija je prihvaćena i prvi prilazni radovi na temu OSP (Orbital Space Plane): Šta učiniti i kako postupiti da se postojeće svemirske letilice-orbiteri zamene nekim drugim svemirskim transportnim sretstvom, su već završeni. NASA je procenila, na bazi taktičko-tehničkih zahteva koje je pripremila (OSP requirements Level One), na jednom posebno organizovanom seminaru, koncepcije koje su pripremile dve konkurentske grupe: firma Boeing sa jedne strane i Lockheed Martin, Northrop Gruman i Orbital Sciences Corporation, sa druge strane.



Četiri koncepta su prikazana i razmatrana: balistička kapsula (slika 1), uzgonsko telo (lifting body), oštro uzgonsko telo (sharp body) (slika 2), i jedna krilata letilica (wing body) (slika 3 i 4). Konfiguracija kapsule je uzeta u obzir zbog velikog iskustva stečenog njenom primenom tokom raznih svemirskih programa sa učešćem ljudske posade, zbog njenog jednostavnog uravnoteženja u povratku iz orbite kao i zbog jednostavnosti fabrikacije i integracije u sistem rakete nosača. Njen bitni nedostatak je da njena trajektorija u silasku iz orbite ostaje striktno u njenoj ravni kao i to da njena slaba

aerodinamička finesa (~ 0.2) jedva uspeva da poštedi posadu od velikih faktora opterećenja koji su karakteristični za čisto balistički povratak iz orbite. Koncepcija kapsule ima preimućstva u transporta materijala neophodnog za funkcionisanje svemirske stanice (kontejneri sa eksperimentalnim materijalom, hrana, piće, odeca za astronaute i dr.) koji bi bio transportovan u varijanti sa automatskim vođenjem i priključivanjem na stanicu. Posle istovara, automatskoj kapsuli je namenjena važna uloga evakuacije otpadaka sa stanice koji zajedno sa njom izgore na balističkoj trajektoriji pre ulaza u gušće slojeve stratosfere.



Tri ostala koncepta iskazuju nameru povećanja aerodinamičke finese letilice: smanjenje faktora opterećenja sa jedne strane i mogućnost izlaska trajektorije iz orbitalne ravni, sa druge strane. To znači i veću mogućnost izbora mesta

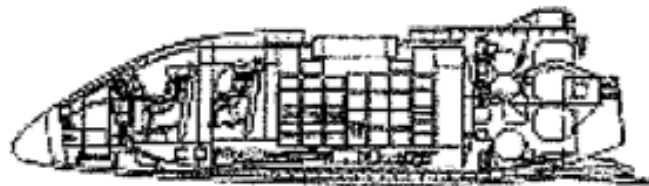


sletanja, kao što je jedan prihvatni aerodrom. Takva letilica bi prvenstveno služila za transport astronauta; korisni teret



(elementi opreme za svemirsku stanicu, rezervni delovi i dr.) bio bi ograničen, kako u pogledu mase, tako i u pogledu zapremine. U slučaju hitne evakuacije svemirske stanice, letilica bi trebalo da primi ukupno 7 astronauta. Zbog toga joj je dat naziv CTV (Crew Transport Vehicle). Takav specifičan tip malog orbitera treba da bude lansiran postojećim raketama-nosačima satelita.

Koncepcija, konstrukcija, fabrikacija i održavanje takve kategorije svemirskih letilica sadrži mnogobrojne specifične teškoće koje moraju biti rano uočene.



Zbog toga je i napisan ovaj članak.

2. POSTOJEĆE ISKUSTVO

Iskustvo, u svim fazama leta, sa letelicama opremljenim uzgonskim površinama je ograničeno na američki Orbiter i na jedan jedini let ruskog orbitera Buran. Mnogobrojne studije, ispitivanja u aerodinamičkim tunelima i laboratorajama svih vrsta kao i opiti u letu su doveli do mnogobrojnih podataka i omogućili uspostavljanje i doterivanje proračunskih modela u svim granama aktivnosti na nivou sistema kao i podсистema. Može se sa pravom zaključiti da postoje dovoljna saznanja o takvoj letilici. Samo, da li se svo to skupljeno znanje i iskustvo može staviti na raspolaganje raznim preprojektima letilice CTV koji su sada u toku? Ako se radi o koncepciji same letilice, mislimo da ne: u velikom i multidimenzionom domenu parametara koji uslovljavaju let jednog orbitera u povratku iz orbite, američki "nebeski taksii" i ruski Buran poseduju veoma bliske kombinacije uticajnih parametara, toliko je velika njihova sličnost u aerodinamičkoj formi, u glavnim dimenzijama i čak u prirodi upotrebljenih materijala.

Izvan tog domena, koji bi se mogao nazvati singulamom tačkom, sve ostalo je "terra inkognita". S obzirom da je aktuelna tendencija u konstruisanju i realizaciji krilatih letilica daleko manjih dimenzija, postavlja se pitanje koje nove teškoće može da prouzrokuje smanjenje dimenzija letilice u odnosu na ono što je izvedeno i što bi se znalo ponovo izvesti?

3. NEOPHODNE PERFORMANSE I OSOBINE U LETU

Minimalni zahtevi koje bi trebala da zadovolji letilica tipa CTV su:

- bočni dolet u odnosu na plan orbite: > 1000 km,
- stabilnost (ili umerena nestabilnost) oko tri ose letilice,
- brzina sletanja ne veća od 110 m/sec (396 km/h),
- mogućnost sletanja na aerodromsku pistu dužine < 3500 m,

kao i

- zagrevanje noseće ćelije u saglasnosti sa karakteristikama materijala koji su kvalifikovani za svemirske upotrebe.

Zahtev da se osigura bočni dolet u odnosu na plan orbite može biti zadovoljen samo ako svemirska letilica ima krila čiji uzgon, združen sa uzgonom trupa, prevazilazi u znatnoj meri otpor letilice i to kako u hipersoničnom, tako i u supersoničnom i subsoničnom režimu leta.

Bočni dolet je važan faktor sigurnosti posade i same letilice; posada može da se odluči za mesto prizemljenja koje mu najbolje odgovara i nije obavezna da sledi silaznu trajektoriju smeštenu tačno u orbitalnoj ravni. U slučaju opasnosti, moguće je napustiti svemirsku stanicu bez rizika da se sleti bilo gde i pod bilo kakvim uslovima. Ali to znači i da aerodinamičke karakteristike moraju da osiguraju pre svega ogovarajući odnos uzgon/otpor u čitavom nizu brojeva Mach-a i to uprkos pojava koje se sreću tokom silaska iz orbite i koje male dimenzije letilice čine još akutnijim.

Mi ćemo ovde prikazati one najvažnije.

4. POVRATAK IZ ORBITE. AERODINAMIČKE I AEROTERMIČKE POJAVE

Jedan siguran povratak iz orbite zahteva totalnu kontrolu letilice oko njene tri ose.

U početku, kontrola se postiže uz pomoć malih raketnih motora na tečno gorivo koji svojim impulsima prouzrokuju korektivne momente oko glavnih osa letilice. Aerodinamička krmila, iako relativno rano stavljena u dejstvo, deluju na stabilizaciju letilice sve više i više kako se gustina vazduha povećava. Uporedno delovanje raketnih mlaznica i aerodinamičkih krma može da se produži sve do ulaska u guste slojeve atmosfere i, a priori, sve do sletanja ukoliko količina utovarenog goriva to dozvoljava.

U početku spuštajuće putanje, u zoni tzv "razređenog gasa", male dimenzije letilice mogu biti izvor ozbiljnih teškoća u kontroli optimalnog položaja letilice u odnosu na vektor brzine. U toj zoni je vazduh toliko razređen da je, uprkos veoma velike brzine leta, Reynoldsov broj veoma mali i debljina graničnog sloja veoma velika. Oblik udarnog talasa može da nema nikakve veze sa aerodinamičkom formom letilice koja je obuhvaćena debelim graničnim slojem (proporcionalno daleko debljim za jednu malu letilicu nego za američki Orbiter ili Buran) i po tome, takode, ni aerodinamički koeficijenti. Upotreba raketnih mlaznica za održavanje položaja letilice u prostoru je neophodna, ali njihova efikasnost (za njihov smeštaj na letilici i za reglažu njihovog protoka) nije garantovana. Mlaznice prouzrokuju momente oko osa letilice, krakovi njihovih sila su poznati (mala letilica, mali krakovi!) ali efikasna sila koju mlaznica prouzrokuje zavisi od intenziteta

međuticaja izduvnog gasa mlaznica sa strujanjem razređenog gasa u debelom graničnom sloju. Ta pojava može čak da prouzrokuje pojavu lokalnih udarnih talasa, dakle i promenu globalnih aerodinamičkih sila i momenata. Malo je verovatno da bi ta pojava mogla da dovede do divergencije, ali ni suprotno nije garantovano. Aerodinamički tuneli, koji su razvijeni i orijentisani osobito za fundamentalna istraživanja, nisu u stanju da daju verodostojne rezultate. Nedostatak "industrijskih" aerotunela je tu ozbiljan problem. U malim radnim prostorima aerotunela namenjenih istraživanjima, gde razmera makete za jednu malu krilatu letilicu veličine evropskog Hermesa ne prelazi 1:100, protok azota koji treba da simulira efekat mlaznice u hipersoničnom strujanju, morao bi da odgovara razmeri 1:10 000! U takvom slučaju, koje kriterijume sličnosti uzeti u obzir? Kako predvideti ponašanje letilice u povratku iz orbite u intervalu visina 120-40 km? Kako se osigurati da usled goreprkazanijh pojava neće doći do gubitka kontrole jedne male letilice, dakle do haotičnog preturanja u padu prema zemlji, do njenog izgaranja i smrti posade? Podsetimo se da se za vreme prvog leta "svemirskog taksija" (to je bio baš orbiter Kolumbija) potrebni otklon centralnog zakrilca ("body flap"), neophodan za uzdužno uravnoteženje letilice, pokazao nedvoljan, iako određen proračunima i eksperimentima u aerotunelima. Srećom, konstruktor komandi leta je bio dovoljno mudar da obezbedi "body flap"-u otklon uobičajen u avijaciji i takav otklon se pokazao efikasnim!

Ovaj incident je još jedan dokaz da ako se računa isključivo na aktivnosti na zemlji, rizik u toku prvog leta je ogroman. Rusi su to shvatili i prvi (i jedini). Let Burana se odigrao bez posade; automatsko upravljanje letilicom je odlično funkcionisalo čak i u finalnoj fazi sletanja. Rezultati mnogobrojnih merenja su pomogli da se poboljšaju proračunski modeli i da se na takvom nivou direktno upotrebe za analize "odgovora" jedne kompleksne aerodinamičke forme u letu. Treba podvući da samo razmera 1:1 daje pouzdane rezultate. Razne letilice-demonstratori u smanjenoj razmeri su uvek interesantne narudžbine za kosmičku industriju, ali upravo zbog kompleksnog delovanja mnogobrojnih parametara i nemogućnosti da se selekcionišu kriteriji aerodinamičke sličnosti, upotreba demonstratora ne omogućava pouzdano poboljšanje proračunskih modela upotrebljivih za pravu veličinu letilice.

Na prikazani učinak graničnog sloja se nadodaje i malo razjašnjeni učinak realnog gasa: disocijacija molekula kiseonika i azota u zonama velikih koeficijenata pritiska C_p (napadna ivica krila, nos i obližnji deo trupa gde temperatura gasa neposredno ispred zaustavne tačke dostiže i do 7000 K) ne dešava se istovremeno ni pod istim okolnostima; povezan sa "hemijskom kinetikom", taj problem postaje još akutniji. Promena stanja gasa, koja se dešava iza udarnog talasa, nije trenutna; razne apcise uzduž jednog aerodinamičkog tela "sreću" razređeni gas raznih karakteristika R , C_v , C_p . U aerodinamičkim tunelima visoke entalpije se uvodi u radni prostor vreli gas u već disociranom stanju što je samo jedna aproksimacija stvarne pojave. I u ovom slučaju razlika u veličini orbitera (gde efekti ove pojave ako nisu mereni, su bar konstatovani) i jedne buduće male letilice može da odigra važnu ulogu.

Međuticaj između aerotermike i materijala od koga je izvedena termička zaštita letilice, kao i "vruća" nosiva struktura (silicijumska keramika, kompoziti tipa C-C) mogli bi biti, u datim okolnostima, dobri katalizatori i dovesti do rekompozicije molekula gasa, dakle i do unošenja toplote u strukturu letilice. Najzad, prelaz iz laminarnog graničnog sloja u turbulentni i mehanizam međuticaja udarni talas-odcepljenje graničnog sloja ponovno vezivanje graničnog sloja u

hipersoničnom strujanju oko kompleksnih oblika, kao što su aerodinamičke forme malih krilatih letilica, postavljaju pitanja na koje odgovori nisu evidentni.

Ukratko, hteti konstruisati krilatu kosmičku letilicu znatno manjih dimenzija nego što su to američki Orbiter i ruski Buran, nameće na aerodinamičkom planu mnoštvo aktivnosti kako na planu fundamentalnih istraživanja za razumevanje mehanizma uočenih pojava, tako i na aerodinamičkoj koncepciji i optimizaciji forme same letilice.

5. UTICAJ AERODINAMIČKE FORME LETILICE

Jedan od bitnih problema koje može da prouzrokuju male dimenzije letilice je neophodnost da se striktno poštuje usvojena i optimizirana aerodinamička forma.



Letilica je neizbežno zamišljena bez horizontalnog repa i takva koncepcija dozvoljava veoma mala pomeranja centra težišta da bi stabilnost (ili prihvatljiva nestabilnost) oko tri osovine mogla biti osigurana u čitavom intervalu brojeva Mach-a. Unutrašnje uređenje letilice mora zadovoljiti ne samo sve funkcionalne zahteve koje nameće svemirska misija sa prisustvom posade, nego takođe i raspodelu masa ukrcanih podсистema i korisnog tereta da bi bila zadovoljena zahtevana centraža. Taj

zahtev ne izgleda, na papiru, teško izvodljiv, ali stvarnost je sasvim drukčij a: podsystemi letilice i njihovi sastavni elementi nemaju samo masu, nego i zapreminu. Ta zapremina, povećana neophodnošću da se dâ mesta električnim kablovima i priključcima, cevima za razvod raznih fluida, unutrašnjoj termičkoj izolaciji i drugo, može lako da nadmaši predviđeni prostor u letilici. U najgorem slučaju, kada se zaključi da raspoloživi prostor može jedva da zadovolji zahtevanu raspodelu masa i zapreminu ukrcanih elemenata, to se plaća žrtvujući pristup elementima podsystema u periodu održavanja i kontrole posle izvršenog leta. Takva situacija može dovesti do toga da bude potrebno demontirati jedan ili dva elementa jednog podsystema da bi se moglo pristupiti nekom elementu drugog podsystema u cilju zamene ili opravke. Zatim se mora neizbežno izvršiti kontrola funkcionisanja dva navedena podsystema kao i njihov prijem u okviru sistema letilice. Ukoliko su planing i cena takve intervencije unapred utvrđeni i blokirani, posledice na pouzdanost i sigurnost funkcionisanja sistema letilice mogu biti krajnje nepovoljne.

U slučaju da se konstatuje da je ipak neophodno povećati dimenzije letilice, to može dovesti, na svoj način, do novih teškoća:

- Ako se ide za tim da se sačuva aerodinamička forma, a time i zahtevane aerodinamičke karakteristike, povećanje dimenzija se može izvršiti samo po principu homotetičnosti, što neizbežno dovodi do povećanja težine nosive strukture i termičke zaštite. Rezultat te akcije može da učini da tako povećana letilica ne bude više kompatibilna sa raketom-nosačem.
- Ako se ide za tim da se povećaju raspoložive zapremine (uglavnom u trupu letilice), time se menja forma, a to sigurno utiče na aerodinamičke karakteristike i neizbežno smanjuje

finesu, što opet ima za posledicu smanjenje bočnog doleta i povećava već i onako veliku brzinu sletanja. Tako će se sigurno povećati i masa letilice, ali ta posledica se retko procenjuje u njenoj stvarnoj veličini; iskustvo nas uči da je predviđeno povećanje mase nekog vazduhoplova uvek obrnuto proporcionalno optimizmu sa kojim se vrše odlučene izmene.

6. UTICAJ AEROTERMIČKOG ZAGREVANJA LETILICE

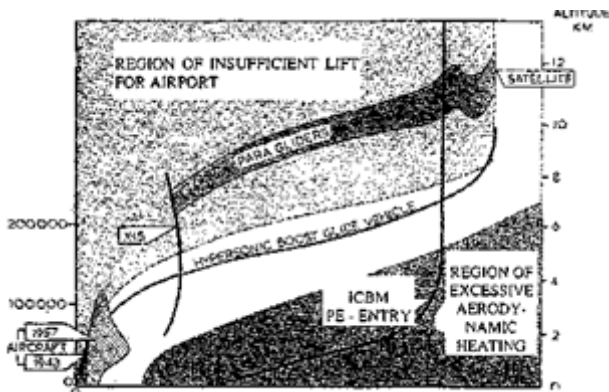
Zagrevanje nosive strukture i termičke zaštite je veliki problem koji je teško rešiv u slučaju krilatih letilica. Trajektorija silaska iz orbite ne može biti bilo kakva; postoji zakon promene visine leta u zavisnosti od brzine na putanji u domenu

$$0 < H < 120 \text{ km}$$

$$0.4 < V < 8.0 \text{ km/sec}$$

Kriva $H=f(V)$, okružena tolerantnom zonom navedenih parametara, predstavlja "koridor povratka" koji je unekoliko specifičan za svaku datu letilicu. Sledeći taj koridor letilica ne riskira ni da izgubi kontrolu oko tri ose (male vrednosti dH/dV) niti da načisto izgori (velike vrednosti dH/dV) (slika 5).

U tako određenom koridoru veličina igra odlučujuću ulogu: što je letilica manja, to je zagrevanje veće. To čak može ići do graničnih dimenzija ispod kojih danas raspoložive tehnologije više nisu primenljive.



Slika 5

Razlozi za to su sledeći:

Efekat veličine. U hipersoničnom delu silazne trajektorije, zone najviše izložene aerotermičkom fluksu su zone velikih koeficijenata pritiska C_p , posebno napadna ivica krila i nos letilice kao i bliski deo donjake trupa, dakle oni elementi koji učestvuju u stvaranju uzgona. Za određivanje reda veličina, napadna ivica može biti predstavljena aproksimativno kao valjak u strujnom polju

poprečnom na njegovu osu, a nos trupa kao sfera. Mnogobrojna ispitivanja u "toplim" aerotunelima su dovela do rezultata da veličina prilaznog aerotermičkog fluksa zavisi od radijusa krivine navedenog valjka ili sfere; pod istim uslovima opita, što je radijus krivine manji, to je aerotermički fluks veći.

Ta je pojava formulisana zakonom

$$\phi = \phi' \sqrt{R'/R}$$

gde su :

ϕ' , fluks meren na telu-etalonu R' , radijus tela-etalona R , radijus ispitivanog tela

Ako pretpostavimo da je radijus napadne ivice krila jedne male letilice devet puta manji od radijusa napadne ivice orbitera, prilazni aerotermički fluks na napadnu ivicu krila male letilice biće tri puta veći! Pitamo se šta bi moglo da se desi toj napadoj ivici kada znamo da je elementima napadne ivice krila orbitera (n° 8 do n°12) skraćen broj misija od 100 na nekih 55 i to pre katastrofe Kolumbije? Temperatura, veća od predviđene, je verovatno bila razlog. Moguće je takođe da je prenos toplote sa napadne ivice na metalnu strukturu orbitera bio manji nego što se računalo.

Maseni efekat noseće strukture. Kako je predviđena letilica mala i masa njene noseće strukture biće takođe mala. Međutim, ta struktura igra važnu ulogu u opštem toplotnom bilansu letilice kao "termički ponor" i njena temperatura može dostići, čak i prevazići, kritične vrednosti za upotrebene materijale. Na primer, maksimalna temperatura metalne konstrukcije Orbitera, na datom kritičnom mernom mestu, je 165°C (što je u skladu sa dozvoljenim vrednostima za legure na tom mestu). Ta temperatura je postignuta pola sata posle sletanja i razlog je velika termička inercija nosive ćelije Orbitera. Međutim, prema izvesnim proračunima evropskog mini-orbitera Hermes, njegova "mlaka" struktura (kompozit: smola BMI, vlakna C) dostiže temperatura od 200°C već na visini od 20 000 m, pred sâm ulazak letilice u turbolentne slojeve stratosfere. Što se tiče temperature napadne ivice krila na termički najopterećenijim mestima, ona je bila nešto smanjena promenom oblika krila u horizontalnoj projekciji.

Nema nikakve sumnje da je kritična tačka razvoja malih krilatih kosmičkih letilica nedostatak materijala otpornog na veoma visoke temperature kao i kompletne tehnologije njegove proizvodnje, kontrole i opravki. Razvoj takve tehnologije treba da bude cilj samom sebi; svaki pokušaj da se lansira njen razvoj paralelno sa razvojem jedne svemirske letilice mora biti izbegnut po svaku cenu. Jer u takvoj situaciji postignuti rezultati bi bili garantovano nekompletni, mnogi važni detalji ostali bi neosvetljeni, programske prinude (planing, finansije) bile bi stavljene u prvi plan na uštrb kompletne sertifikacije upotrebene tehnologije. Sve polovične odluke će uvek biti skupo plaćene, ako ne odmah, onda izvesno kasnije. Posle jedne katastrofe istražna komisija će imati priliku da uspostavi spisak onog što nije urađeno, a što je trebalo uraditi, što se zanemarilo, a što se nije smelo zanemariti.

7. ZAKLJUČAK

Razvoj i sertifikacija jedne male krilate svemirske letilice predstavlja na tehničkom planu veliki i interesantan izazov, posebno za tehničke timove koji imaju mnogo toga da uče, da nauče i urade. Napredak se postiže sticanjem novih znanja i iskustava, kao i uklanjanjem prepreka ispred postavljenog cilja. Prodreti u "terra inkognita", uneti svetlost u mračni vilajet, to je san svakog istraživača i inženjera. Takav plemeniti cilj je dostojan svakog poštovanja.

Toj romantičnoj verziji podstreka pridružuje se i jedna pragmatično-praktična: svemirska industrija i njeni konstruktivni biroji, kao i mnogobrojne laboratorije, žive isključivo od velikih programa; takve kompleksne strukture ne mogu da žive od danas do sutra. Treba održavati na visini svoje kapacitete, kako u znanju tako i u ljudstvu, a tom ljudstvu treba osigurati egzistenciju.

Samo, kada je reč o razvoju jednog mini-orbitera kao zamene za tri preostala američka, taj poduhvat bi bio skupi promašaj jer

- razvoj ni period bi bio najmanje 8 godina i to pod uslovom da tehnologija materijala, otpornih na visoke temperature i posedujući zadovoljavajuće karakteristike u pogledu dozvoljenih napona, modula elastičnosti i koeficijenta dilatacije, je na raspoloženju, razvijena i sertifikirana,
- upotreba takve letilice je ograničena na primenu u zemaljskoj orbiti; takav tip letilice nebi imao nikakvog značaja za misije na dragim planetama,
- opsluživanje svemirske stanice ISS, kojoj je suđeno da još mnogo decenija ostane jedinstvena stanica u zemljinoj orbiti, zahtevaće daleko manji broj misija od onog koji se predviđao pre 10-15 godina. Ovo tim pre što uprkos svih napora nije identifikovana nikakva aktivnost koja bi bila ekonomski interesantna i ohrabrila nova i skupa ulaganja za vezu sa zemljom. Danas je ruska kapsula "Soyuz" jedina raspoloživa veza između zemlje i ISS; za koju godinu će ona biti zamenjena nekom drugom, većih kapaciteta i još bolje adaptirana za prevoz astronauta. Što se tiče snabdevanja materijalom, tu ulogu već besprekomo igra automatska ruska kapsula "Progres" i tako će verovatno i ostati.

Naš zaključak je da je sudbina male svemirske krilate letilice CTV zapečaćena.

Utoliko gore za prefinjenu aerodinamiku, za bočni dolet i sletanje na prihvatne aerodrome. Takođe, i za kulturu i običaje transportne avijacije koju se htelo kako-tako presaditi u kosmos.

Novorazvijene kapsule će moći jednog dalekog dana da budu takođe upotrebljene za iskrcavanje astronauta i opreme na druge planete. Uostalom, glavni investitor, Uncle Sam, sve više i više okreće leđa stanici ISS i žmirka prema mesecu i planeti Mars...

LITERATURA

- [1] Space Vehicles Atmospheric Entry TL 570. A52. 1995, AIAA Atmospheric Flight Mechanics Conférence, Baltimore, August 1995
- [2] NASA ORBITAL SPACE PLANE (2003), Level 1 Requirements, Level 2 Requirements
- [3] European Study on OSP Concepts (July 2003), Présentation ESA-Alenia Spazio-MAN Technologie
- [4] NASA OSP Design Review (September 2003)

Kopija publikacije „FME TRANSACTIONS“ University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engeneering, December 2004, poslata je između ostalih i:

NASA HQ, Washington, USA

ESA (European Space Agency), Paris, France

ЦНИИМАШ, Москва, Руссиа

Academie Nationale de l'Air et de l'Espace, Toulouse, France

Orbiter Science Corporation, Dulles, USA

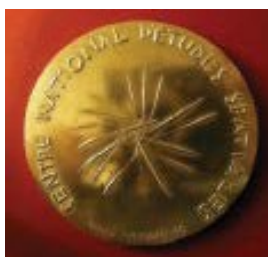
Није искључено да су и неке друге интервенције у сагласности са мојим аргументима и закључком учиниле да се иницијатива OSP заустави. NASA Marshall Space Center, који је био задужен за развој OSP, оријентисан је према другим активностима.

МЕДАЉЕ И ОДЛИКОВАЊА

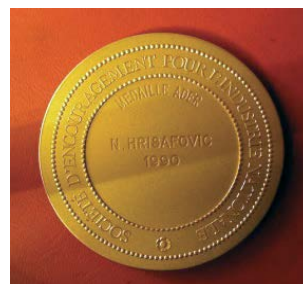
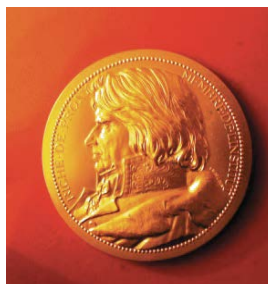
Ordre du Mérite
(предња и задња страна)



Médaille CNES
(предња и задња страна)



Médaille Clément Ader
(предња и задња страна)



Médaille ANAE
(предња страна)



Médaille Rudolf
Diesel



НЕНАДОВИ КОСМИЧКИ СТАНДАРДИ

Српски инжењер у свету аерокосмонаутике оставио је неизбрисив траг и као шеф пројекта и аутор Космичких **ISO** стандарда. Аутор је три веома важна, а два његова “постулата” важе и данас.

Standard ISO 14953 “Space systems-Determination of loading levels for static qualification testing of launch vehicles” је ступио на снагу одлуком Централног Секретаријата ове организације 01.05.2000.

Велики и компликовани органиограм **ISO** почео је да се бави Космосом одмах после лансирања Спутњика 1957

Standard ISO 14622 “Space systems-Loads and induced environment” проглашен је 15.12.2000.

Standard ISO 14303 “Space systems - Launch - vehicle - to spacecraft interfaces” 15.10. 2002. У ово време Ненад је био у пензији. У том периоду, најелитнији стручњаци за аерокосмонаутику претресали су његове инжењерске предлоге и закључили да заслужују да буду светски стандард у изради и испитивању на земљи космичких машина.

Како објашњава инжењер, велики и компликовани органиограм **ISO** почео је да се бави Космосом одмах после лансирања Спутњика 1957. Већ после првог лета у васиону закључено је да на путу кроз космос многа технолшка решења “не улазе у машинске или флуидне стандарде” дотадашње науке и прорачуна који су важили приликом пројетковања “летећих машина” и да је потребно направити нове.

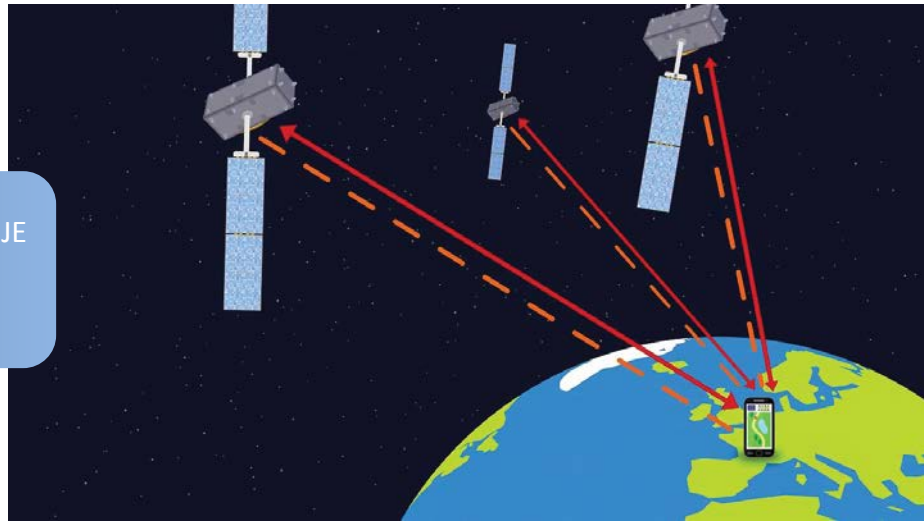
У Комитету **ISO/TC20** третирају се питања из Аеронаутике. У подкомитету 14 налазе се стандарди и питања везана за лет у космос. Овај Подкомитет има 4 Радне групе. Први и други и од три моја стандарда, 14622 и 14953, донети су односно изгласани у Првој радној групи (**WG 1**). Када су питању ове две норме ради се о Спецификацији одређивања оптерећења и Спецификацији експерименталних проба структура. Трећи стандард је везан за интеграцију и опите са интегрисаним системима свемирских објеката.

Стандард 14303 третира стандардизацију података које свака ракета-лансер сателита треба да објави да би помогла избор најпогоднијег лансера од стране сателита. Тај стандард је донет у Другој радној групи (**WG 2**).

Процедура код изгласавања односно доношења космичких норми је дуготрајна и строга. Креће од Воркинг драфта (Радног нацрта), а завршава после пет кругова најшире расправе као завршни (**Final International Standard**) који проглашава Секретаријат и то после гласања стручњака из свих земаља које имају космичке програме и чланови су **ISO**.

НОВЕ ВАСИОНСКЕ НОРМЕ

ТЕЛЕКОМУНИКАЦИЈЕ
Сателити у орбити



Хрисафовић објашњава да се у писање "свемирских норми" упустио схвативши да су многе дефиниције и појмови из Техничких енциклопедија за свемир штурни и нетачни.

Рецимо код појма Оптерећење. Дефинише се као: „сила, момент и диференцијални притисак“, а то је грубо и нетачно. Стандарди коју сам на ја писао има за циљ да космичке норме дефинише као рационални начин одређивања опремења и индуктивног амбијанте који треба да поднесе свемирски систем током свог активног живота. Она важи за лансере, свемирске капсуле, међупланетарне сонде односно за све што лети у свемиру на организован начин по унапред одређеним трајекторијама... Оно што сам хтео да стандардизујем је рационални начин одређивања оптерећења које мора да поднесе ракета током лета у космос. Норме предвиђене за авионе не могу бити узети као узорак будући да авиони лете под сасвим другачијим околностима („анвелопа оптерећења у лету“). Ракете, нарочито последњи степен, морају бити димензионисане уз минималну масу структуре. Убацавање сателита у геосинхрону орбиту захтева оптимизацију структуралне масе носача. На пример, однос масе носача и масе сателита је 180:1.

Односно треба 180 кг ракете да би се убацио један килограм сателита или свемирске капсуле...

Код решавања овог проблема маса структуре сателита и маса последњег степена ракете носача мора бити сведена на минимум. Губитак килограма на капсули или трећем степену значи и скраћење рада тог васионског брода. Гориво у трећем степену је наине неопходно јер се њиме финализује трајекторија лета. Када изађе у космос капсула или сателит током свог живота се нађе под ударима многих фактора, највише „сунчаног ветра“ који може да заокрене сателит на Геостационарној орбити и да тиме његове антене могу да не покривају предвиђене зоне на земљи. Дакле сателит или сонда мора да носи гориво да би целог свог живота могла да маневршије по тачној маршрути мисије.

Да би се једна космичка структура могла димензионисати за свој радни век потребно је на оптималан начин обезбедити две групе прецизних података. Ради се о оптерећењима и индукованом амбијенту (термичком и вибрационом) који летелица може да сретне у периоду свог активног живота.



...
ПРИПРЕМЕ
Ариана5 у Гијани
пред пут у
свемир

Такође, када се лансира, ракета пролази кроз густу атмосферу где царују градијент ветра и хоризонтални рафали чије вредности морају бити познате са великим прецизношћу за свако стартно подручје, јер ти удари уносе оптерећења која носива структура мора да поднесе без икаквог смањења њених карактеристика. Треба додати да космички објект мора да има коефицијент сигурности у својој експлоатацији који треба бити одређен на рационалан начин. Приликом израчунавања овог коефицијента у обзир се узима цела летелица и проверава се кохезија између њених структура.

Коефицијент сигурности код авиона за материјале и конструкције по анvelopи оптерећења $j = 1.5$. Међутим за свемирске структуре норме су строже и коефицијент сигурности који смо одредили за Ариану је само 1.25. Када су Хрисафовићеве норме усвајане, произвођачи авиона су захтевали да се ваздухоплови изузму из тога. То је и било нормално, јер, они не би задовољили такве стандарде.

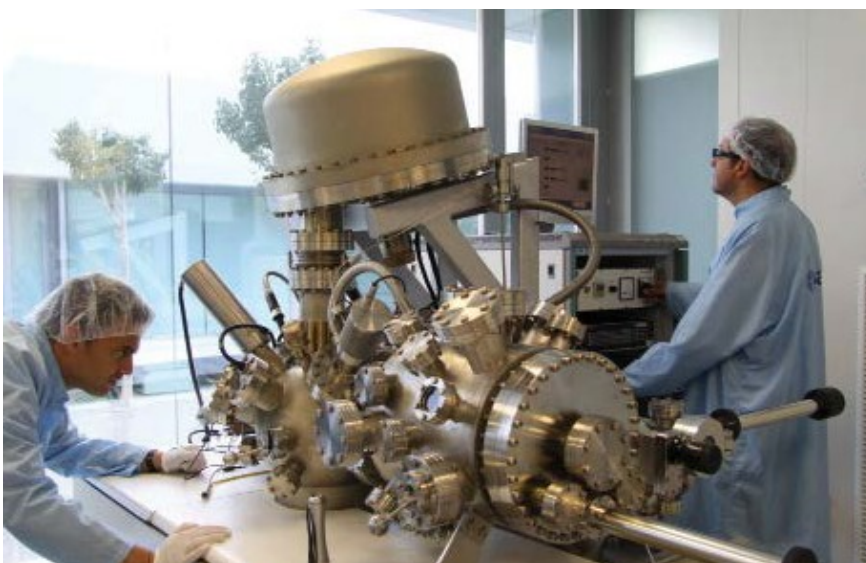
Вероватноћа са којом радимо код космичких структура је 99 посто вероватноће да ће оптерећења са којим се сурећу током радног живота бити мања. Када смо радили на ласнирању Ариане у Гијани у обзир је узето више од 4.000 различитих регистрованих ветрова по висини од полетања до 50 километара висине. Све те ветрове смо класирали и практично ракета и сателит имају 1 одсто шансе приликом испаливања са овог места да се нађу у неповољној ситуацији. Оне нису искључне и немогуће и то доказује пракса. Рецимо пре неколико година један авион Фокер 27 изгубио је крило на неких 3.000 метара висине нашавши се под ударом “немогућег” вертикалног рафала...

Када су
Хрисафовићеве
норме усвајане,
произвођачи
авиона су
захтевали да се
ваздухоплови
изузму из тога

Када говоримо о оптерећењима на сателиту, сонди, васионском броду мора се водити рачуна о трајекторијама. Ради се о једној израчунатој трајекторији. Да би сателит ушао, у рецимо зону рада од 380 километара, он мора да има брзину нешто више од 8 км/сек. Ако пређе на више од 12 **km/sec**, одлети у хиперболичку трајекторију и побегне, односно неупотребљив је. Зато се трајекторија израчунава у корелацији са местом одакле се лансира. На пример ако се испаљује са полутара ка истоку сателит добија допунску брзину од око 420 **m/sec** због ротације земље. Зато се и тражи да стартна рампа буде близу полутара. Британска Гијана одакле се лансира Ариана је на 5 степени од полутара, док Американци испаљују са Флориде која је 28 степени од полутара. Њихови носачи зато троше много горива и имају слабије перформансе изражене у маси корисног терета тј. сателита.

Норме за структуру и концепцију и димензионисање структуре ракете, сателите, сонде не личе нимало на ваздухопловне, говори Ненад и објашњава да је то довело до тога да се “води” рачун о сопственим карактеристикама система. Концепт Норме 14622 је направљен на бази математичке вероватноће и узима у обзир сопствене и проверене карактеристике система, његове масе, еластичности затим и аеродинамичке којефицијенте.

Успели смо да наметнемо и другима да **оптерећење система се дефинише као одговор система на побуђивања којима је изложен на својој трајекторији**. Поред спољних побуђивања или удара на космичке структуре које изазива, градијент ветра и рафали, постоје и унутрашња побуђивања која су последица функционисања саме летелице. На пример то су “шокови” код паљења једног степена, код гашења мотора једног степена, код сепарације два степена, код функционисања ракета за сепарацију итд. Постоје унутрашњих вибрација услед рада ракетног (их) мотора и пражњења резервоара са течним горивом. На пример, када су Американци својевремено лансирали Меркури који је летео подорбиталној трајекторији, астронаути су се наводно жалили да су им од вибрација „испадале пломбе из зуба“!



ИСТРАЖИВАЊЕ
тестирање
нових
космичких
материјала

Којефицијент сигурности свемирских машина је био посебан изазов приликом освајања свемира.

Основни постулат путовања ван орбите је да у свемиру морамо бити лаки, паучинасти и за поређење, огромна ракета Ариана 2, висока 50-так метара, не тежи ни 22 тоне. Материјали од којих се прави, опет, морају бити јасно идентификовани и квалитетни.

Од усвојених материјала **ISO** тражи да са 99 одсто процената гарантују карактеристике што је раније **ISO** одредио за авионе. Оптерећања на границу еластичности, отерећење на лом, на еластично извијање. Те категорије за авијацију су урађење према америчким нормама МИЛ по категоријама А и Б...

За материјале под А важи да у 99 одсто случајева морају бити јачи са степеном поверења од 95 одсто. Код категорије Б тај размер је 95 одсто према 95. Између норми А и Б је велика разлика. Дакле, када неко конструише неку структуру обавезан је да опитима покаже да материјал задовољава захтеве. Којефицијенти сигурности од преко јединице имају за задатак да покрију дисперсију у екстремним опретењењима, нешто и дисперзије употребљених материја и нарочито репродуктивност структура током производње. Материјали су нарочито осетљиви на њиховим спојевима код закивања и варења. Заквици морају бити тако дименионисани и у том броју да се на том месту они никако не прекину. Варови и спојеви морају да буду јачи од целе плоче. Ти и такве резерве сигурности су дефинисане у оптици математичке вероватноће о односу статистичке вероватнће отпорности на чврстоћу и статистичке расподеле оптерећења. Када постоји прорачун оптерећања са великом статистичком могућношћу да она не буду превизђена и када се има материјале са прорачунатом великом статистичком вероватноћом да не буду слабији од прописаних критерија (категорије А и Б), тада се добија и прорачунска резерва сигурности MS.

Одличан резултат коначног гласања садржине документа ISO FIS 1622, (100% сагласних) је потврда његове вредности.

Такође постоји и стварна резерва сигурности која се добија статичким пробама. У ствари тако се добија однос колико материјал или структура мора да држи и колика је његова стварна отпорност.

Ови принципи су били већ примењени у програмима Ariane 1 до 5 и њихова филозофија је у потпуности потврђена. Одличан резултат коначног гласања садржине документа **ISO FIS 1622**, (100% сагласних) је потврда његове вредности.

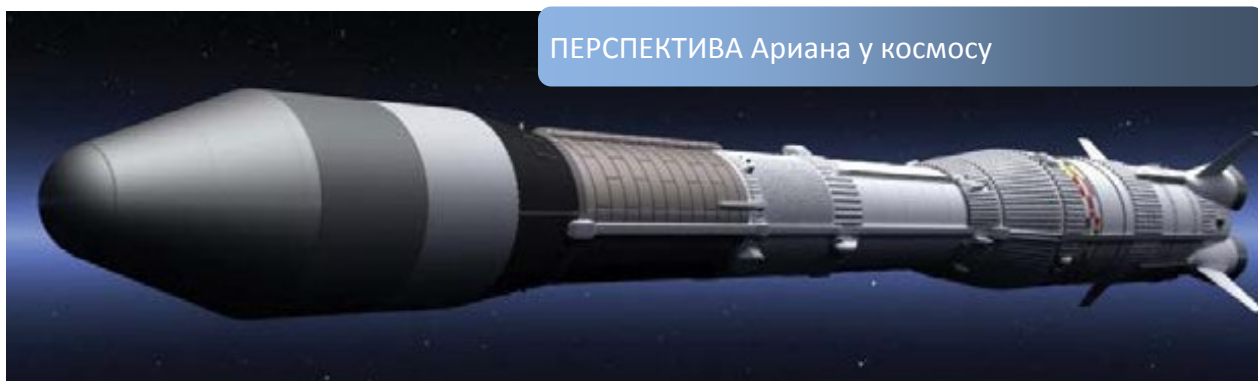
ПРОБЛЕМ СЕРТИФИКАЦИЈЕ ИЗРАЧУНАТОГ

У Хрисафовићевим космичким стандардима налазе се норме према којима се одређује и каквим опитима и оптерећењима се треба верификовати математички модел сигурности. Пошто инжињери поднесу своје прорачуне они иду у лабораторије на испитивање материјала односно целих структура.

Према мојим предлозима узима се ћелија изабраног материјала и ломи се. Тим опитом се доказује да ћелија прописано држи оптерећење, са коефицијентом сигурности прорачуна издржљивости. Ако то није случај, мора да се ојача односно прво да се конструише и направи по тим нацртима и са новим прорачунима. До идеје сам дошао на основу искуства приликом израде моје једрилице Цирус која је тестирана у ВТИ у Жаркову. Према тадашњим нашим војним прописима свака летелица која улази у службу се морала испитивати на лом, а код Цируса је тестирано крило које је процењено као критично. Међутим, крило је издржало ваздухопловну норму оптерећења 1.5 и сломљено је на 1.55. Када сам у Францукој 1965. радио на димензионисању Брегове једрилице Шука у тамошњој лабораторији су испитивали два процењена”- најслабија” дела: веза труп-крило код Шуке која је такође задовољила стандард $j=1.5$, а други испитивани део веза задњег дела трупа са лептирастим реповима је издржао до $j=1.62$.

Узимајући у обзир могуће и вероватно предложио сам да се приликом израде летелица уведе као стандард тест на првој производној ћелији материјала

Међутим у радећи на предлагању норми за Програм **Ariane** схватио сам да ово није довољно. Сигурно је да људи рачунају најтачније могуће, али ипак код ракете-лансера структура целе летелице не подлеже проби. Дакле постоји ризик да се неки други део структуре на који није проверен ипак поломи. Наравно немогуће је направити мини лансер и тестирати га као целину.



Узимајући у обзир могуће и вероватно предложио сам да се приликом израде летелица уведе као стандард тест на првој производној ћелији материјала. Ако је у питању на пример плоча дурал алуминијума чија је дебљина према норми 1.92 до 2.02 треба правити неки структурални елемент или део од најтање плоче, а не најдебље према норми да би доказали да је све што је фабриковано покривено у погледу отпорности. Затим требало се доказати експериментално да индустријски производ држи оптерећења уз прописане коефицијенте сигурности...

У пракси ја сам тај систем увео већ током израде на Ариани 1. То је била диктатура према предузећима која су ушла у активности пројекта. Њима смо давали сва оптерећења у лету и у функцији времена лета. Од свих предузећа тражили су да нам докажу да њихови материјали и структуре држе. Нисмо могли да проверавамо целу ракету, али смо могли сваки њен део и сваку конструкцију и међуакције делова на њој све до тачке лома. Код

ИСО Беџ који су носили експерти који су писали стандарде космонаутике



моторског носача Првог степена који је радила немачка фирма MAN (носи 4 мотора сваки потиска по 60 тона и 2 бустера сваки по 55 тона) у његовој статичкој проби је било уведено симултано чак 19 различитих сила у елементе тог носача мотора! Све је то тестирано и сигурност није пала испод коефицијента $j=1.5$. Носач мотора је био много компликован и скуп, али зато и сертификован.

Ако се тражи да буде сертификована на чврстоћу цела серија структура, а не демонстрација да само један, ad hoc изабрани примерак, може да задовољи условљена оптерећења, онда је неопходно произвести један, у сваком погледу „минимални“ примерак. Или повећати оптерећења на статичкој проби једног „средњег“ примерка у зависности поједностављења конфигурације статичког опита у односу на стварну конфигурацију исте структуре у саставу ракете.

За тај случај, оптерећење на лом мора бити повећано преко једног коефицијента J_c на следећи начин

$$P_Q = P_{lim} \times J_c$$

Где су P_Q : оптерећење (сила, момент, притисак) за статичку пробу

P_{lim} : спољно оптерећење (**charge limite**) изабрано за димензионирање структуре

J_c : кориговани коефицијент сигурности

$$J_c = (J \times K_{min} \times K_{adj}) \times (1/K_\theta K_\delta)$$

$$J = 1.25$$

K_{min} : корекциони фактор који уводи утицај минималне дебљине на отпорност металне структуре

K_{adj} : утицај суседне структуре. Ако је он добро симулиран $K_{adj} = 1.0$

K_θ : утицај температуре на карактеристике материјала (модул **Young**, ломни напон)

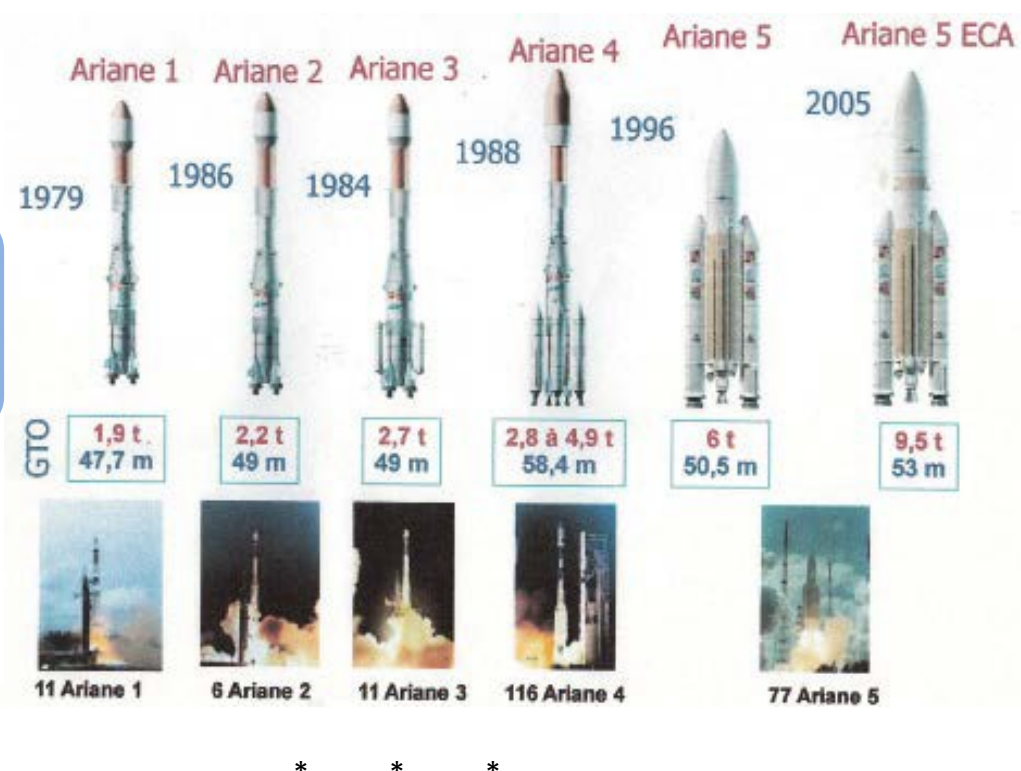
K_δ : утицај минималних катактеристика материјала (дозвољени напони, **module Young**, геометрија) на извијање.

Стандард ISO 14303 је изазвао велико интересовање, а и извесно неповерење, јер је новитет у односу на остале теме стандардизације ISO. Резултати постигнути у Програмима Ariane 2 и 3 и чињеница да су сачувани сви структурални елементи Ariane 1 као и факат да на Програму Ariana 4 је био само један структурални елемент поново развијен (IE 2-3) био је доказ више да је тај стандард постављен на солидне базе.

Треба напоменути да је било одбијања од конструктора авиона. Код њих, и то је уобичајено од почетка статичких проба за квалификацију структуре, да се, према нашој оптици, не врши квалификација једне ћелије на максимале изабране случајеве лета, већ само једна демонстрација.

Стандард ISO 14303 је примењив само у случају сертификације ракета-носача сателита. То не умањује његови вредност.

ФАМИЛИЈА
Ракета Ариана



Када говори о Статичкој методи испитивања која је обавезна за сертификацију елемента, Хрисафовић објашњава да се ту израчунава одговор структуре и на спољне вибрације. Веритаклна оптерећења која се јављају током функционисања Првог и Другог степена узроковала су “болести” свих лансера и балистичких ракета који су пуњене течним горивом. Проблем POGO је први решен превентивном методом на Програму Ариана.

... Дотле у космичкој пракси, ако би се појавиле уздужне вибрације у лету ракете-носача, тражили су се и покушали да отклоне или смање ефекат. То се звало “куративна” метода. Ми на пројкту Ариане нисмо хтели овим путем. Ракету смо тако и припремили да смо искључили појаву ефекта POGO...

Уосталом, прилажемо чланак који је објављен у часопису ТЕХНИКА. (стр. 132)

На Ариани смо теоретски прорачунали тренутке појаве POGO вибрација на првом и другом степену и конструисали неопходне амортизере. Чак и за Arianu 2 i 3, смо морали модифицирати канализацију N2O4 на другом степену ракете. Руси у својој литератури овај проблем никада нису чак ни поменули. Ми смо рецимо израчунали и то кроз Стандард објавили да моторски носач не сме да има своју сопствену прву фреквенцију мању од 60 херца иначе рескира да буде одбијен.

Хрисафовић наводи да су у пракси, код рада на Ариани, огроман напор уложили сви који су радили на пројекту. Он као индустријски пројектант са својим тимом, давао је израчуната оптерећења елемената произвођачима из 10 земаља које су на Ариани радиле са 50 предузећа. Они су затим на основу ове спецификације крутости проучавали и предлагали пробе које делове треба опитовати односно који су то најкритичнији моменти лета за део који су правили и састављали. Наш инжињер је примао те предлоге и досијеа и од његовог потписа је зависио план испитивања. Потом се фабриковао део структуре који је тестиран. Одговорност за структуру сносио је произвођач али у случају да у лету” поклекне”нека суседна структура сва одоговоност је ишла на Главног Конструктора.. Одоговоност се тако делила и успостављена су правила фер плеј игре.

Једини проблем код рада на Ариани, а за који се мој тим може сматрати одговорним је онај на балистичкој капи код Ариане 1. На статичким пробама на почетку нисмо знали како да симулирамо оптерећења које капа треба да издржи услед дифернцијалног притиска који се јавља у њеној унтрашњости пре њеног одбацивања. После првог лета, схватили смо да је неопходно средити отворе на њој да би се тај притисак смањило кроз пролаз кроз трансоник ($Mach=1$). Када смо првобитно квалификовали балистичку капу у Политехничкој академији у Лозани нисмо знали за овај проблем, али он није имао никаквих лоших последица. Иначе, Швајцарци су постали лидер у свету за производњу ових делова ракете и чак су Американцима после продавали балистичке капе за њихове ракете.

У раду на стандардизацији опитовања свемирских система тим конструктора предвођен Хрисафовићем решио је на технички начин кроз симулације и како у лету регују суседне структуре које су везане.



Макета
сателита
Symphonie

Структуре на свемирским летелицама се везују окрима и завртањима. Међутим десно и лево од тога често остаје” нечиста структура” која трпи пристисак. Или, требају врата на телу ракете обезбеђујући приступ до мотора, а то је отвор 40cm са 40cm. Тај отвор уноси код суседне структуре додатна оптерећења. На једном опитовању показало да је суседни део оптерећен са 23% више напона од предвиђеног који треба да поднесе. Дошли смо до закључка да се ти елементи морају ојачавати додатним оквирима. Током рада на Ариани није било изговора: „Не умем да направим“. Изналазили смо нова решења.

За трећи свој **ISO** стандард 14.303 из групе 2 Хрисафовић тврди да је”најпростији”. Рођен је из нужде, јер када су Европљани направили свој сателит “Симфонија” испоставило се да немају ракету .

Уцењивали су и Американци и Руси. И тада а и сада се води рат за технологију између и најближих савезника. У стандарду 14.303 предложио сам да сваки произвођац прикаже у једној техничкој ноти све карактеристике свог носача сателита и да се тај каталог представља званичну обавезу произвођача. Дакле сви произвођачи и корисници сателита треба данас знају шта нуде амерички, руски, индијски, кинески, бразилски носачи и по којој цени. У питању је каталог свих карактеристика, инсталација и водова ракета носача у односу на сателит, а на произвођачима и корисницима је да бирају на тржишту.

STUDIJE STABILNOSTI CIKLUSA STRUKTURA – POGONSKA GRUPA NA RAKETI NOSAČU SATELITA ARIANE

Nenad V. Hrisafović, inženjer consultant, Francuska

Abstrakt: Pojava nestabilnosti ciklusa struktura-pogonska grupa, nazvana efekat POGO, se sreće kod većine raketa koje upotrebljavaju tečno gorivo. Radovi na otklanjanju te pojave, koja je izvor vibracionih opterećenja rakete i njenog korisnog tereta, su bili predmet intenzivnih studija u mnogim zemljama. Tokom razvoja rakete-nosača satelita ARIANE pojava efekta POGO je otklonjena sa uspehom.

1 UVOD

Jedan od glavnih problema koji moraju biti rešeni tokom razvoja jedne rakete koja upotrebljava tečna goriva je da se obezbedi stabilnost ciklusa struktura-pogonska grupa. U svakom trenutku, počev od otvaranja brava koje drže raketu na startnoj rampi pa sve do kraja samog leta, može doći do pojave zvane POGO (američka evokacija na jednu dečiju igračku koja omogućava izvršenje sve većih i većih skokova u visinu ukoliko igrač uspešno uskladi svoje pokrete sa frekvencijom elastičnog sistema na koji se taj igrač postavio). Široki spektar frekvencija, specifičnih za funkcionisanje komora za sagorevanje tečnih goriva raketnih motora, može da pobudi odgovor osnovnih tonova rakete i među njima i odgovor dna ili zidova rezervoara iz kojih su motori napajani gorivom. Varijacija hidrauličnog pritiska u vodovima goriva, kao rezultat vibracije rezervoara, dovodi do pulziranja pritiska na ulazu u turbopumpu i preko nje u komoru sagorevanja, što prouzrokuje sa svoje strane pulziranje potiska motora rakete. Pulzacija potiska još jače pobuđuje osnovne tonove strukture i hidrauličnog sistema i, ako njihove frekvencije u datoj konfiguraciji potrošnje goriva se poklope i ako su fazne razlike male, ciklus postaje nestabilan i može da dovede čak do uništenja u letu kako korisnog tereta, tako i same rakete. Ta pojava je bila uzrok mnogobrojnih neuspešnih ispaljivanja raketa u prvim godinama astronautike. Izvesne rakete su se pokazale nesposobnim i opasnim za lansiranje satelita, druge su opet izazivale jaka opterećenja kao u slučaju kosmičkih letova sa ljudskom posadom. Čak i retko uspela američka raketa SATURN V, koja je u više navrata dovela astronaute do meseca, nije bila potpuno obezbeđena od pojave POGO; problem je bio rešen tako da je, u slučaju pojave nestabilnosti ciklusa tokom leta drugog stepena rakete (mnogobrojne dispersije parametara čine da izvešna kombinacija može dovesti do nestabilnosti) uveden jedan poseban kriterijum u program leta rakete: ako amplituda sinusoidalne vibracije u visini komandnog modula APOLO pređe određenu vrednost (0.3 g), program je zaustavljao rad centralnog motora tog stepena. To je unekoliko produžilo vreme funkcionisanja drugog stepena rakete, ali bez reperkusija na performanse, jer su četiri periferijska motora obezbedila, u produženom vremenskom intervalu, zahtevani totalni impuls tog stepena.

U Francuskoj su izvesna iskustva bila stečena u toku radova na raketama Diamant A, Vesta, Europa i Diamant B. U toku razvoja rakete-nosača satelita ARIANE, posebna pažnja, izvanredan

napor i znatna finansijska sredstva su posvećeni rešenju problema POGO za koji se znalo da je a priori neizbežan. Radovi su preduzeti već u samom početku razvoja rakete, imajući u vidu da su prethodna iskustva pokazala da je veoma teško doći do pouzdanih predviđanja o reakcijama ciklusa struktura-pogonska grupa, a još teže do definicije i razvoja uređaja koji treba da obezbede njegovu stabilnost.

2 TEORETSKE OSNOVE

Najpre će se dati nekoliko obrazaca neophodnih za bolje razumevanje onog što sledi.

Posmatrajmo fluktuaciju potiska raketnog motora čija maksimalna vrednost je i odgovarajuća pulzacija. Odgovor osnovnog tona n , uvodeći koeficijent rasipanja, je

$$q_n = \frac{\tilde{F}}{\mu_n} \frac{1}{-\Omega^2 + i2\zeta\omega_n\Omega + \omega_n^2} \quad (1)$$

Pomeranje strukture pod uticajem tog odgovora prouzrokuje oscilaciju hidrostatičkog pritiska kako u rezervoaru, tako i u cevovodima goriva do motora, što daje na ulazu u komoru sagorevanja motora pritisak

$$\tilde{p}\rho = -\rho h q \Omega^2 \quad (2)$$

gde je

h , ekvivalentna visina stuba tečnosti

ρ , zapreminska masa goriva.

Prouzrokovana oscilacija pritiska uzrokuje oscilaciju potiska motora sa izvesnim zakašnjenjem ϑ .

Ako je stabilni potisak motora F_0 , odgovarajući pritisak u komori sagorevanja p_0 i ako oscilacija hidrostatičkog pritiska \tilde{p}_0 izazove oscilaciju pritiska u komori sagorevanja tada je

$$\tilde{F} = -F_0 \frac{\lambda \rho h q \Omega^2}{p_0} e^{-i\omega t} \quad (3)$$

Jednačine (1) i (3) predstavljaju, na veoma uprošćen način, dve grane ciklusa. Da bi odredili njegovu stabilnost potrebno je uočiti da između delujuće sile i odgovora sistema postoji fazna razlika

$$\Phi = \omega_n \vartheta$$

Ako uzmemo da je

$$\Omega = \omega_n + \Delta\Omega$$

iz jednačine (1) možemo da izvučemo fazu Φ odgovora osnovnog tona n :

$$\operatorname{tg} \Phi = \frac{2\zeta\omega_n^2}{2\omega_n\Delta\Omega} = \frac{\zeta\omega_n}{\Delta\Omega}$$

Odakle sledi da je:

$$\Delta\Omega = \frac{\zeta\omega_n}{\operatorname{tg} \Phi}$$

Za ovu vrednost amplituda ciklusa je

$$G = \frac{F_0\lambda\rho h\omega_n^2/p_0}{\mu_n\sqrt{4\omega_n^2\Delta\Omega^2 + 4\zeta^2\omega_n^4}} = \frac{F_0\lambda\rho h/p_0}{2\mu_n\zeta} \cos \Phi$$

Obzirom da je kvazistatičko ubrzanje $G = \frac{F_0\lambda\rho h\omega_n^2/p_0}{\mu_n\sqrt{4\omega_n^2\Delta\Omega^2 + 4\zeta^2\omega_n^4}} = \frac{F_0\lambda\rho h/p_0}{2\mu_n\zeta} \cos \Phi$ i

kvazistatički hidrostatički pritisak $p_H = \rho\gamma_0 h$, uslov za stabilnost ciklusa struktura-pogonska grupa je

$$G = \frac{M}{\mu_n} \frac{\lambda p_H / p_0}{2\zeta} \cos \Phi < 1$$

što određuje koeficijent kritičnog rasipanja za graničnu vrednost $G = 1$

$$\zeta_{cr} = \frac{M}{\mu} \frac{\lambda p_H / p_0}{2} \cos \Phi$$

NAPOMENA:

M , masa rakete

μ , generalisana masa osnovnog tona n

ω_n , pulzacija osnovnog tona n

3 LOGIKA RAZVOJA STRUKTURE I HIDRAULIČKOG SISTEMA RAKETE

Činjenica je da funkcionisanje motora ARIANE, koji su bili takođe u razvoju, nije moglo biti predvidljivo posebno u nestacionarnim režimima. Takođe, teoretska znanja u toj oblasti su bila više nego nedovoljna i zbog toga pojava očekivane nestabilnosti ciklusa struktura-pogonska grupa nije mogla biti uzeta u obzir već u koncepciji same rakete. Posledica toga je da glavna struktura, koja sačinjava spoljni omotač rakete i koja prenosi i podnosi glavna opterećenja, nije dimenzionisana da podnese dopunska dinamička opterećenja prouzrokovana nestabilnošću ciklusa. To je i sasvim logično, jer nije moguće dimenzionisati strukturu jedne letilice na posledice nekog divergentnog procesa. Jedino što se može učiniti je to da se preduzmu neophodne mere da ciklus bude stabilan. Izabrani način da se to postigne su specifično razvijeni elementi hidrauličkog sistema rakete: SCP (Sistem Korektor Pogo).

Ti elementi, koji su predviđeni da budu ugrađeni u cevi-dovode goriva i/ili oksidatora u blizini ulazne flanše motorske pumpe, treba da snize hidrauličke frekvencije stuba tečnosti, da smanje amplifikaciju ciklusa G i eventualno pomere faze da bi ciklus postao stabilan.

Odlučeno je da način funkcionisanja tih elemenata bude striktno pasivan; aktivni sistemi, uprkos njihovih interesantnih performansi, nisu uzeti u obzir principijelno zbog tehnološkog rizika koji prati njihov razvoj. Ipak, da bi se moglo kontrolisati istovremeno više osnovnih tonova, predviđeno je da za usvojene pasivne SCP bude uvedena jedna specifična sekvencija funkcionisanja bazirana na evoluciji karakteristika osnovnih tonova (frekvencija, generalisana masa), a koje su posledica pražnjenja rezervoara goriva u toku leta.

Potrebe za ugradnjom SCP i definicija zahtevanih performansi su određene modelizacijom svih elemenata ciklusa. U početku čisto teoretski, modeli su sve više i više doterivani posle izvršenja mnogobrojnih opita (Dinamička Maketa rakete u razmeri 1:1, funkcionisanje motora i stepena rakete na probnim rampama, funkcionisanje sistema napajanja motora gorivom na hidrauličkim stolovima i dr) . Računske simulacije ponašanja ciklusa u letu za konfiguracije bez i sa SCP, kao i za njihove razne usvojene parametre, su redovno vršene posle svakog poboljšanja proračunskih modela. Učinjeno je sve što je bilo moguće učiniti radovima na zemlji.

Dobijeni rezultati ipak nisu mogli biti smatrani apsolutno pouzdanim i moglo se očekivati da izvesna nestabilnost ciklusa, uprkos aktiviranih SCP (čija je konfiguracija određena isključivo na bazi proračuna), može da se pojavi u toku prvog tehnološkog leta. U tom slučaju, trebalo je da se osigura da najosetljiviji elementi rakete ne pretrpe oštećenja koja bi mogla da dovedu do neuspeha same misije. Taj zahtev je prenesen i u Kriterijum stabilnosti ciklusa POGO. Osetljivi elementi rakete, pre svega elektronska oprema, su sertifikirani na vibracionom stolu. Vibracioni spektar je određen proračunom kao odgovor kritičnih zona rakete na ograničenu i moguću vrednost fluktuacije potiska rakete .

4 KRITERIJUM STABILNOSTI CIKLUSA POGO

= definicije=

1. KOEFICIJENT KRITIČNOG RASIPANJA

ζ_{cr} ; $(\bar{\zeta}_{cr}, \sigma_{\zeta_{cr}})$ gde je $(\sigma_{\zeta_{cr}})^2 = \sum_1^n \left(\frac{\partial \zeta_{cr}}{\partial p_i} \Delta p_i \right)^2$, p_i uticajni parametri

2. KOEFICIJENT RASIPANJA STRUKTURE

ζ_{st} ; $(\bar{\zeta}_{st}, \sigma_{\zeta_{st}})$; $(\sigma_{\zeta_{st}})^2 = \sum_1^n \left(\frac{\partial \zeta_{st}}{\partial p_i} \Delta p_i \right)^2$

3. REZERVA RASIPANJA

$\Delta \zeta = \zeta_{cr} - \zeta_{st}$; $(\Delta \zeta, \sigma_{\Delta \zeta})$ gde je $\sigma_{\Delta \zeta} = \sqrt{\sigma_{\zeta_{cr}}^2 + \sigma_{\zeta_{st}}^2}$

za $\Delta \zeta < 0$ ciklus je stabilan

za $\Delta\zeta > 0$ ciklus je nestabilan

= kriterijum=

1° SMATRA SE DA JE CIKLUS POGO STABILAN UKOLIKO VEROVATNOĆA DA REZERVA SIGURNOSTI PRIGUŠENJA POSTAJE POZITIVNA JE JEDNAKA ILI MANJA OD 2,2 % :

$$\Pr(\Delta\zeta > 0) \leq 0,022$$

tj. da je $\Delta\bar{\zeta} + 2\sigma_{\Delta\zeta} > 0$

2° VREMENSKI INTERVAL U KOME JE $\Delta\zeta > 0$ JE OGRANIČEN ZAHTEVOM :

$$\int_{t_1}^{t_2} \omega(\Delta\bar{\zeta} + 2\sigma_{\Delta\zeta}) dt \leq \ln \frac{\Gamma_{\max}}{\Gamma_0}$$

gde je:

t1, početak vremenskog intervala gde je $\Delta\zeta > 0$

t2, kraj vremenskog intervala gde je $\Delta\zeta > 0$

ω , pulzacija uočenog osnovnog tona,

Γ_{\max} , maksimalna dozvoljena amplituda vibracija na osetljivom mestu rakete,

Γ_0 , amplituda inicijalne perturbacije

5 PRIPREMNE STUDIJE. MODELIZACIJA

5.1 RADOVI NA MODELIZACIJI STRUKTURE RAKETE

Modelizacija strukture, neophodna za sintezu stabilnosti ciklusa POGO, je izvršena primenom metode konačnih elemenata (program ASKA). Rezervoari tri stepena rakete su predstavljeni matricama masa i krutosti, kako samih rezervoara tako i ukrcanih goriva i oksidatora, za razne uočene procene pražnjenja rezervoara u toku leta. Posebna pažnja je posvećena kompatibilnosti deformacija zida ili dna rezervora sa lokalnim pomeranjem konačnih elemenata tečnosti i varijacijom polja lokalnih pritisaka.

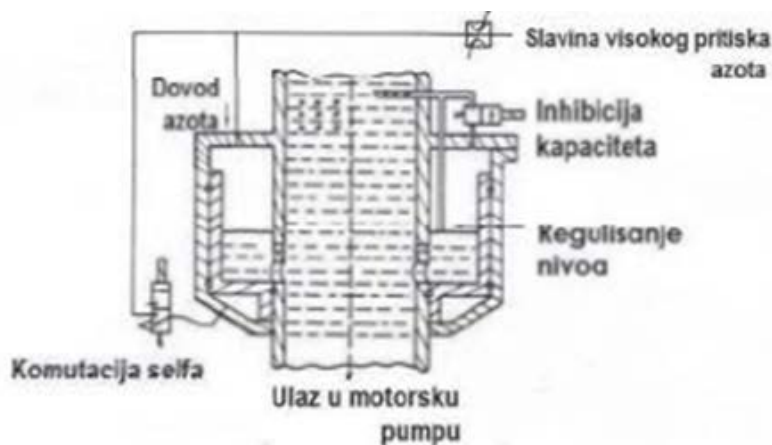
Opiti na Dinamičkoj Maketi rakete u razmeri 1:1, gde su goriva i oksidatori bili zamenjeni vodom, kao i detaljna eksploatacija dobijenih rezultata, su učinili da model rakete bude doveden na najveći stepen poverenja koji je mogao biti postignut opitima na zemlji. Mnogobrojna merna mesta postavljena na raketi tokom četiri sertifikaciona leta (L01 do L04) i njihova eksploatacija su potvrdili kvalitet izvršenih radova.

5.2 RADOVI NA MODELIZACIJI HIDRAULIKE I POGONSKE GRUPE

Kompleksna modelizacija hidraulike i pogonske grupe sadrži:

- modelizaciju elemenata pogonske grupe tri stepena rakete (cevovodi, slavine, turbopumpe, injektori, komore sagorevanja). Teoretski modeli su poboljšavani i doterivani posle mnogobrojnih izvršenih opita u toku razvoja samih motora i stepena rakete. Modelizacija pumpi je bila bazirana na specifičnim opitima izvršenim u okviru studija POGO. Ti opiti su bili bazirani na prouzrokovanoj modulaciji protoka goriva ili oksidatora na ulazu u odgovarajuće pumpe. Modeli "hidraulika i pogonska grupa" su dostigli visok nivo poverenja unutar zone identifikovanih disperzija.
- izvođenje, opite i modelizaciju SCP-a. Potreba da se stabilizuje ciklus POGO prvog i drugog stepena rakete (za treći stepen je rano zaključeno da nema opasnosti za pojavu nestabilnosti ciklusa) je a priori nametnuo razvoj SCP-a. Usvojeni princip je hidraulički akumulator čiji maksimalni nivo tečnosti je određen predpoletnim studijama. Ostatak raspoložive zapremine je ispunjen azotom pod pritiskom. Na prvom stepenu, L140, je self (inercija, masa tečnosti u akumulatoru) mogla biti regulisana na dve razne vrednosti. Sam SCP je postavljen neposredno pred ulazom u pumpu N2O4. SCP na ulazu pumpe UDMH se pokazao neefikasnim već u početku studija i isključen je iz daljeg razvoja. Na drugom stepenu, L33, dva SCP-a (po jedan na ulazu svake od pumpi) su mogla biti aktivirana uvođenjem azota u akumulator potiskujući tečnost do unapred određenog nivoa (Sl.1) ili inhibirana u određenim trenucima leta koji su upisani u sekvenciju Programa leta rakete.

Specifični eksperimenti karakterizacije SCP-a su pomogli da se odredi veličina kapaciteta gasa pre poletanja.

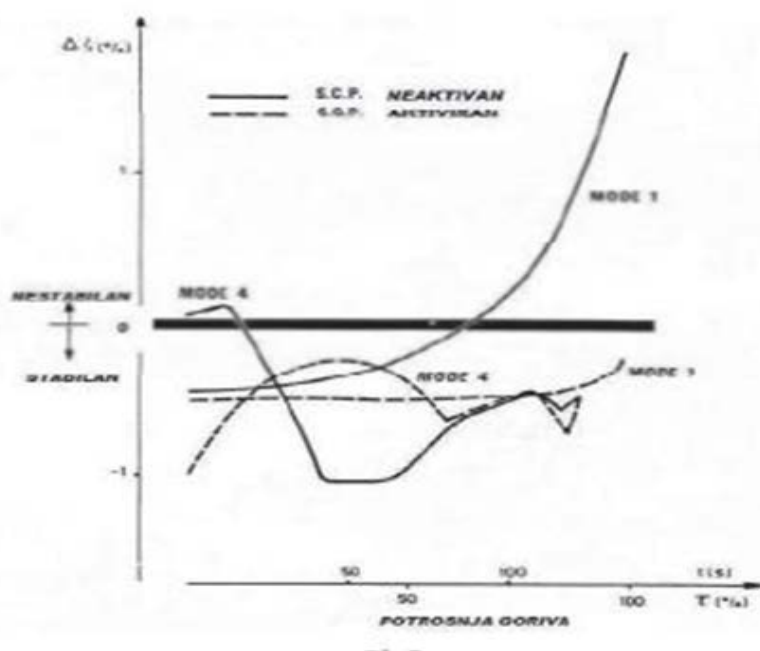


Sl. 1

6 STUDIJE STABILNOSTI CIKLUSA POGO

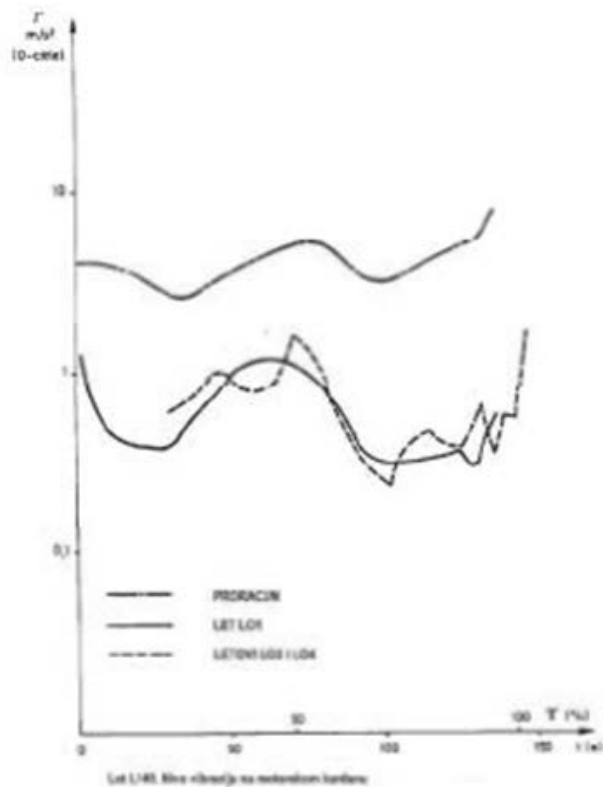
6.1 STUDIJE STABILNOSTI PRVOG STEPENA RAKETE

Rezultati prognoze stabilnosti ciklusa POGO L140 su ukazali na realnu opasnost jake nestabilnosti prvog osnovnog tona (MODE 1), naročito u toku poslednje trećine funkcionisanja pogonske grupe, kao i izvesnu nestabilnost četvrtog tona (MODE 4) u samom početku leta (Sl.2). Aktiviranje SCP tj. punjenje azotom određenog dela zapremine akumulatora, u samom početku leta je trebalo da potpuno stabilizuje ciklus. Varijacija selfa sa nivoa 1 na nivo 2 nije se pokazala neophodnom.



Sl. 2

Rezultati merenja u letu L01 su pokazali besprekorno funkcionisanje SCP-a, kao i totalno odsustvo vibracija tipa POGO (Sl.3). Sekvencija aktiviranja SCP je zadržana za sve tehnološke i operacione letove ARIANE .



Sl.3

Isto je ponovljeno i za rakete ARIANE 2, ARIANE 3 i čak i ARIANE 4, uprkos modifikacije količine ukrasnog goriva i oksidatora u ARIANE 4 (220 tona umesto 140 tona u poletanju), odgovarajućeg povećanja zapremine rezervoara i povećanja dužine cevovoda. U ukupno 144 lansiranja ARIANE, ciklus struktura-pogonska grupa prvog stepena rakete je bio i ostao savršeno stabilan.

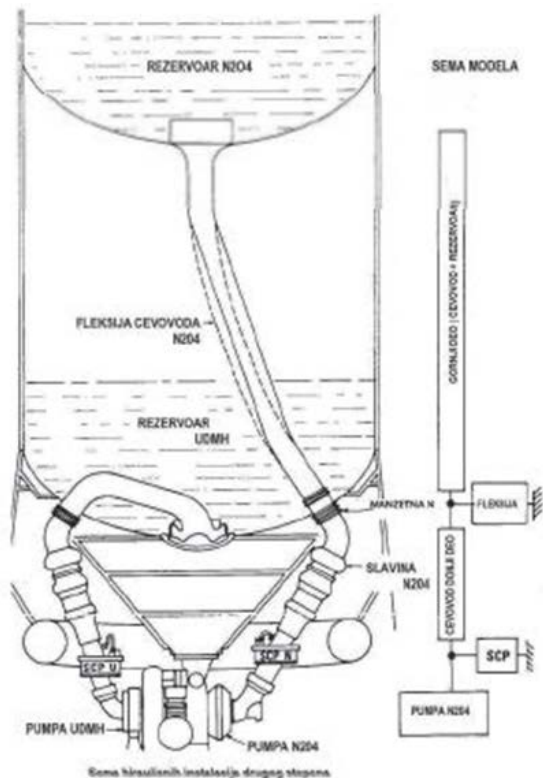
6.2 STUDIJE STABILNOSTI DRUGOG STEPENA RAKETE

Razultati prognoze stabilnosti ciklusa POGO L33 su ukazali na dva moguća perioda nestabilnosti.

Stabilnost prvog osnovnog tona pri kraju funkcionisanja stepena je bio uslovljen fleksijom cevovoda N2O4 koji prolazi kroz rezervoar UDMH sa jedne strane , kao i samom akcijom aktiviranog SCP-a, sa druge strane .

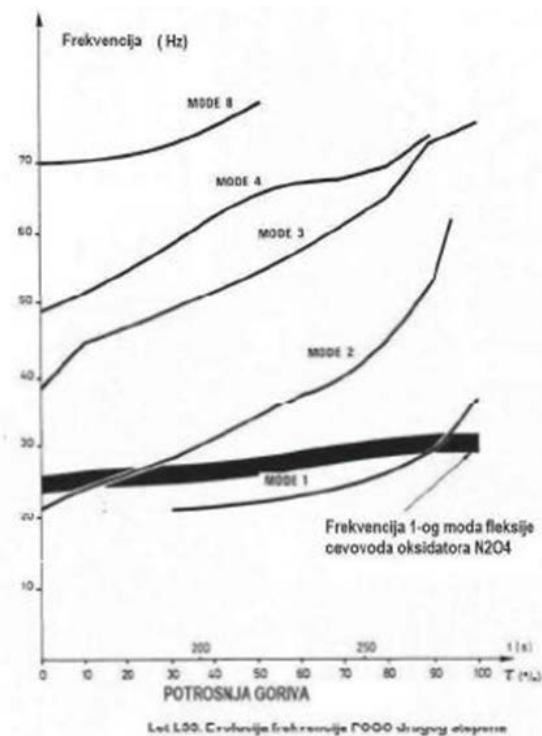
Sl. 4 pokazuje presek rezervoara L33 sa zajedničkim dnom i prolazom cevovoda N2O4 kroz rezervoar UDMH.

Paralelno je prikazana i uprošćena šema hidrauličkog proračunskog modela.



SI.4

Fleksija cevodova prouzrokuje efekat pumpanja na izlaznoj manžetni cevodova N2O4, što dovodi do nestabilnosti ciklusa kada se osnovni ton cevodova (29 Hz) ukrsti sa prvim osnovnim tonom.



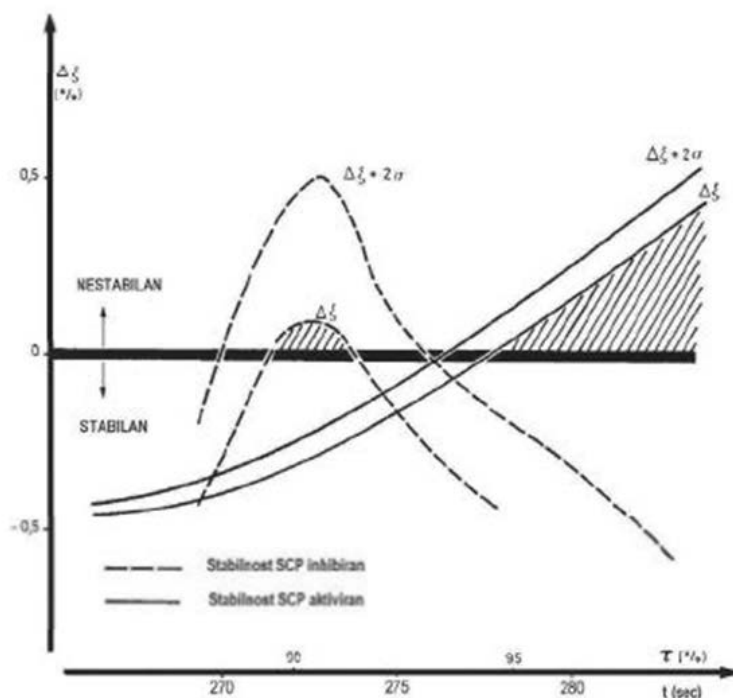
SI.5

SCP stabilizuje ili jako smanjuje uticaj cevodova u trenutku rezonance, ali on može imati suprotan efekat pri samom kraju leta kada struktura, sa veoma malim koeficijentom i malom generalisanom masom, postaje lako pobudljiva ($f=36$ Hz).

Dakle, postoje dva perioda nestabilnosti:

- SCP inhibiran: nestabilnost usled fleksibilnosti cevovoda na frekvenciji od 29 Hz na 15 s pre kraja pogonske faze drugog stepena,
- SCP aktiviran: nestabilnost usled samog SCP na frekvenciji od 36 Hz, na samom kraju pogonske faze drugog stepena.

Slika 6 ilustruje evoluciju rezerve stabilnosti u zavisnosti od stepena potrošnje goriva . Disperzija 2 na rezervu stabilnosti je određena uzimajući u obzir disperzije svih uticajnih parametara ciklusa POGO.



Sl. 6

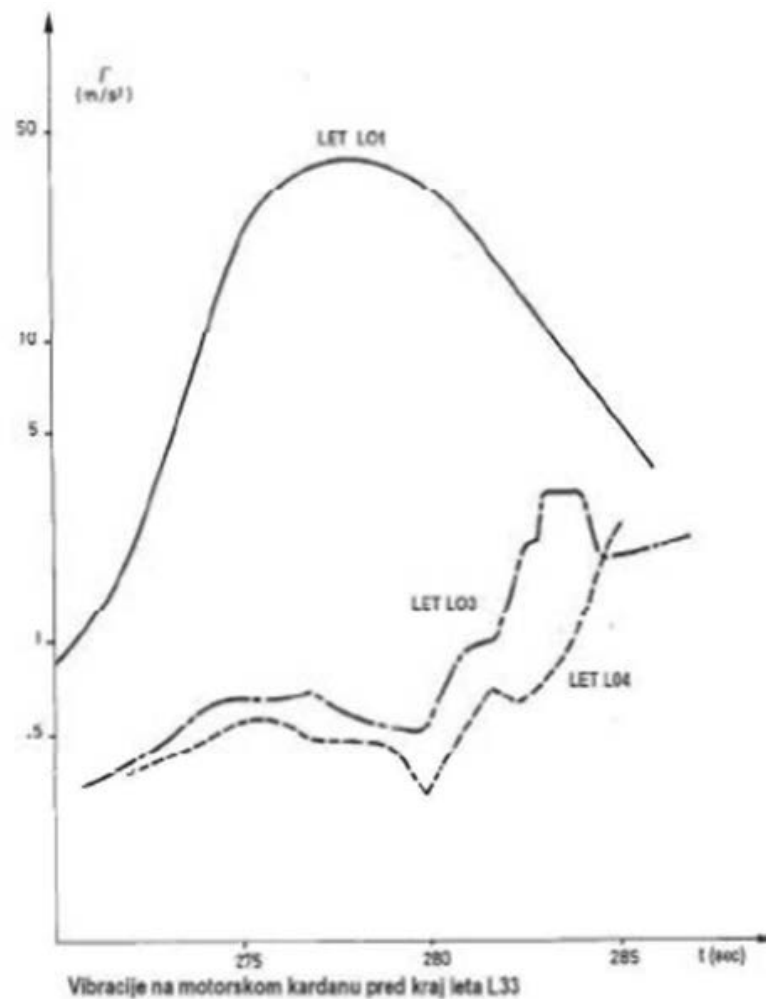
Na bazi ovih rezultata, Glavni konstruktor je odlučio da se u Plan leta L01 uvede sledeća sekvenca:

- aktiviranje oba SCP u 70%
- inhibicija oba SCP u 93%

U toku opšte analize rezultata razvoja nosača satelita ARIANE i u cilju da se odobri ili ne početak kampanje prvog lansiranja rakete, voditelj programa, francuski Nacionalni Centar za Svemirska Ispitivanja C.N.E.S. je odlučio da se za prvi let (L01) aktiviraju SCP četiri motora prvog stepena i da se ne aktiviraju SCP motora drugog stepena. Objašnjenje je bilo da je opasnost nestabilnosti ciklusa POGO prvog stepena evidentna, a da to nije slučaj kada se radi o drugom stepenu: ciklus je smatran praktično stabilnim u nominalnim uslovima (jer je pokriven drugim delom Kriterijuma stabilnosti ciklusa POGO) i da je nestabilan samo u slučaju disperzija 2 . Zaključak je bio da prognoza nestabilnosti ciklusa POGO drugog stepena nije ubedljiva.

Protesti Glavnog konstruktora nisu uspeli da promene donešenu odluku i Plan leta prvog lansiranja ARIANE 1 je modificiran.

Rezultati merenja u letu L01 su ilustrovali rezultate višegodišnjeg rada i napora: nestabilnost POGO se pojavila u predviđenom trenutku; period nestabilnosti je trajao nekih 10 sekundi uz veoma jake uzdužne vibracije rakete: 2g na vezi satelit-raketa i skoro 5g na motorskom kardanu (Sl.7).

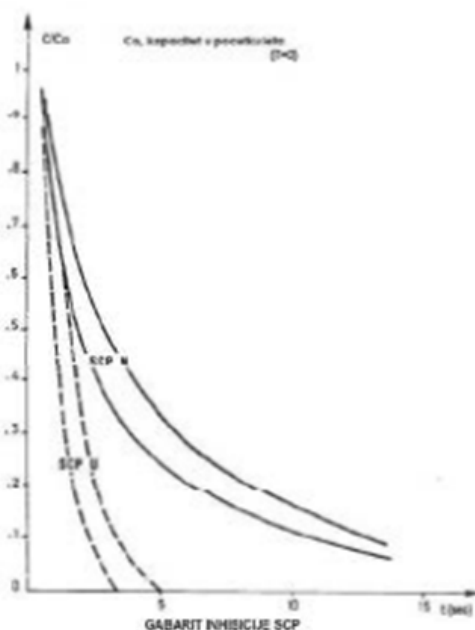


Sl.7

Model sinteze i predviđanja stabilnosti ciklusa je bio potvrđen i primena rezultata merenja u letu je pomogla da se odredi koeficijent strukturalnog rasipanja u periodu nestabilnosti:

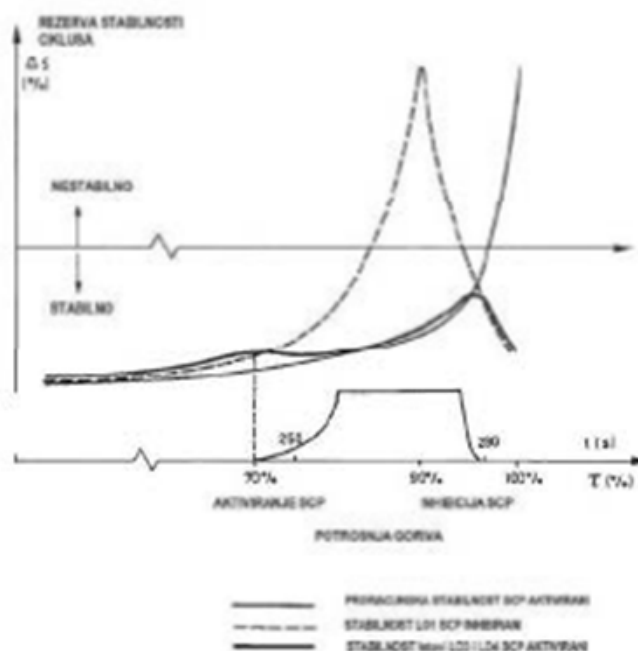
$$\zeta_{st} = 0,5\%.$$

Dopunski opiti su doveli do bolje karakterizacije SCP-a, posebno u tranzicionom periodu inhibicije (Sl.8), što je pomoglo da se odredi precizna sekvenca inhibicije za Program leta.



Sl. 8

Sledeći sertifikacioni letovi L03 i L04 su potvrdili usvojenu sekvenciju inhibicije: maksimalni nivo vibracija meren na motorskom kardanu L33 se sveo na 0,3g (Sl.7). Sl.9 predstavlja sekvenciju aktivacije i inhibicije dva SCP motora L33, kao i učinak - stabilizaciju ciklusa.



Sl. 9

Ciklus POGO za vreme funkcionisanja drugog stepena rakete je definitivno stabilizovan.

Ista sekvenca aktiviranja je usvojena i za operacione letove raketa-nosača satelita ARIANE 2, ARIANE 3 i ARIANE 4. Izvesno smanjenje frekvencije prvog osnovnog uzdužnog tona, prouzrokovano sve većim i većim povećanjem mase korisnog tereta, tj performansi rakete, kao i povećanjem kapaciteta trećeg stepena (prelaz sa 8 tona tečnog kiseonika/tečnog vodonika na

10,6 tona) je kompenzirano posebno dovitljivim povećanjem krutosti na savijanje cevovoda N204 drugog stepena.

U ukupno 143 izvršena lansiranja ciklus struktura-pogonska grupa je bio savršeno stabilan.

7 ZAKLJUČAK

Intenzivni radovi na stabilizaciji ciklusa struktura-pogonska grupa su urodili plodom. Ciklus je stabilizovan kako u fazi leta prvog stepena, tako i u fazi leta drugog stepena svih raketa-nosača satelita iz porodice ARIANE. Vibracioni ambijent koji raketa nameće satelitu u nivou veze raketa-satelit je zanemarljiv u odnosu na postojeću otpornost satelita, njegove strukture i njegovih elektronskih komponenata.

LITERATURA

[1] B.C. Hacker and J.M.Grimwood, "On the Sholders of Titans-A History of Gemini", NASA SP-4203 (1977)

[2] S.Rubin, "Longitudinal Instability of Liquid Rokets Due to Propulsion Feedback (POGO),
Jurnal of Spacecraft, Vol 3. N°8 (1966)

[3] S.Rubin, "Prevention of Coupled Structure-Propulsion Instability (POGO), NASA SP-8055 (1970)

[4] J.Lacaze "Quelques questions générales concernant les vibrations des lanceurs", Eldo/Esro Scient. and Tech.Rev. N°6, 1974

[5] N.Hrisafović et J.C.Lemoine, "Etude de l'effet POGO sur le lanceur ARIANE", XXVII Congress IAF, 10-16 October 1976,Anaheim (Cal.) USA

[6] N.Hrisafović et C.Estoueg, "Etude de l'effet POGO sur le lanceur ARIANE", "L'Aéronautique et L'Astronautique" 1979-1

[7] G.About, P.Hauguel, N.Hrisafović et J.C.Lemoine, " La prévention des instabilités POGO sur ARIANE 1", Acta Aeronautica, pp 179-188, 1983, Vol. 10

[8] B.W.Oppenheim and S.Rubin "Avanced Pogo Stability Analysis for Liquid Rockets", Journal of Spacecraft and Rockets, Vol.30, N°3, 1993

ТАЧНА ПРЕДВИЂАЊА И ОПРАВДАН ТРУД

Превантивна активност **POGO** ракете-лансера **ARIANE 1** је завршена уз велико весеље свих сарадника као и оних који су подржавали тај сложени и скупи подухват. Посебно задовољство је, чак и триумф, донела појава **POGO** за време првог лета ракете, када су, против нашег мишљења, инхибирани **SCP** другог степена **L33**. **POGO** се појавио у својој интензивности и тиме доказао да су наша предвиђања била тачна и да је сав труд и трошкови које смо проузроковали, био оправдан.

УСПЕХ АРИАНА 3



Нови циљ су били лансери **ARIANA 2** и **ARIANA 3** који су били модифицирани тј, побољшани у односу на **ARIANU 1**:

- гориво прва два степена, **L 140** и **L33**, **UDMH** је замењен горивом **UH 25** који је требао да обезбеди стабилност функционисања мотора **VIKING** и при повећању притиска коморе сагоревања (8%) који је био захтеван за побољшање перформанси. Гориво **UH 25** је нешто теже, што се одразило на масу ракете у полетању као и у лету **L33**.

-количина криогеничког горива трећег степена H8 је повећана са 8 t на 10,4 t. То је довело до модификације резервоара и његових веза са мотором **HM7** чији потисак је повећан за неких 15% (motor **HM7B**). Модифицирани трећи степен је променио и идентитет: **H10**.

Под тим условима требало је проверити стабилност система на појаву **POGO**. Циклус **POGO** у лету првог степена **L 140** се показао стабилним уз већ усвојене диспозитиве **SCP**. Што се тиче лета **L33** први резултати прорачуна су показали изразиту нестабилност омче **POGO** крајем лета тог степена и никаква нова секвенција активирања и деактивирања **SCP** није била у стању да реши проблем. Разлози су били јасни: повећање масе трећег степена, смањење његове уздужне еластичности па и повећање специфичне масе **UH25** у другом степену. Једини параметар који је могао да буде утицајан и да реши проблем је био крутост на савијање канализације оксидатора у **L33** која пролази кроз резервоар **UH 25**. Моделизација те канализације (укљештење у дно резервоара **N204** и “гипки” ослонац у висини пролаза кроз дно **UH 25** је показала да самим повећањем дебљине њеног зида ($e=1,5$ мм) на неку повећану вредност, може да доведе до стабилизације циклуса **POGO**. Само, на такву модификацију није се могло рачунати: серија од неких шест резервоара је била у току фабрикации и није било ни говора да буде заустављена, јер су предвиђена лансирања, а већ била продата! Једино резење је било да се канализација укрути неком “кит” структуром која би била монтирана на канализацију пре затварања резервоара.

Наши прорачуни стабилности су нам дали довољно података о неопходним параметрима и ја сам написао спецификацију за конструкцију и реализацију те “кит” структуре. Она је могла бити веома лагана, а и са прописаном минамалном површином пресека и моментом инерције. Такођер, било је неопходно, после прве реализације, извршити тестове модалних карактеристика укрупњене линије. Ја сам лично написао Тест план, формат приказивања резултата и провере **in city** да су резултати читљиви и да могу бити експлоатисани. Читава активност укрупњења канализације **L33** је била објекат једне посебне наруџбине фабриканту резервоара **L33**, фирми Dornier.

Добили смо, на време, цртеже концепције укрупњења линије и нисмо имали никакве замерке: једна врста четвртасте кутије, изведена из лаких дуралуминијумских плоча, која се протеже уздуж линије **N204** од једног ослонца до другог. Кутија је изведена из две полутке опремљене са неколико полуоквира и које се везују узајамно завртњима. Кривина канализације онемогућава монтирану кутију да клизи уздуж канализације.

Када смо добили резултате модалних испитивања укрупњене линије (или нешто што се тако називало) оптимизам је пао испод нуле: није било јасно шта се радило и још мање јасно шта се добило. Ту и тамо по нека фреквенција и то је све! У нормалним условима, обавезао бих ту фирму да понови модална испитивања (уз контролу мојих сарадника који су одлично водили модална испитивања ракете у правој величини), али за то више није било времена; први лет **Ariane 3** је предвиђен у планингу **Arianespace** и не може бити повучен, а и остала лансирања (још два Аријане 3 и један Аријане 1 морају да следе како је предвиђено и обећано. Јер, нема тог власника сателита који пристаје да његов “инструмент” спава у контејнеру зато сто тамо нека европска фирма није знала да изврши модална испитивање њеног продукта како треба. На то стање се повезала и потреба Народне Одбране: на једном од два права сателита који треба да лансира прва Аријана 3,

француском сателиту **Telecom 1B**, су се налазили инструменти везе са атомским подмоницама – носачима балистицких пројектила!

И шта ми остало да урадим? Одлучио сам да не демантирам два **SCP** са **L33**. И да, наравно, профитирам укрупњење линије другог степена. То је, како се каже у Француској: “Поред каиша и хозентрегер”. Серијска производња је у току? Утолико горе, сви **L33 Ariane 2, 3 i 4** посиће, иако није сигурно да су неопходни, **SCP** за две канализације **L33**. Са укрупњењем линије **N204**, наравно.

У завршном рапорту о студијама **POGO** унео сам и горњи историјат. Није било реакција; мислим да их није било много који су пажљиво прочитали мој документ. Утолико горе за њих.

Овај сам случај изнео, да кажем “на јавност”, тек у мом предавању о феномену **POGO** у **Cranfield-u** у децембру 2013. Слушаоци, кандидати за докторате, су се слатко исмејали. А ја мислим да није смешно што је за неких 133 лансирања узалудно инсталирано 266 **SPC** на **L33**.

Послао сам мом некадашњем директору моје предавање из **Cranfield-a**, тражећи његово мишљење о предавању. Одговорио ми је “тај случај је застарео, не брини се!”.

Богами и нисам се бринуо...

УМЕСТО ДОКТОРАТА

Ненад Хрисафовић никада није стекао докторску титулу. Разлог за то је једноставан. У професионалној каријери следио је упутства својг професора Станкова са Машинског факултета у Београду који је студенте учио да "филозофи", они са Природно-математичког факултета са катедри за Механике, Механике флуида итд. треба да раде и бране докторате, док инжињери треба да креирају и да се баце на евентуално решавање проблема тамо где је наука у заостатку".

Када је октобра 1978. у Дубровнику на 29. конгресу Међународне Аерокосмичке федерације изнео "решен проблем" Примене механике лома у развоју резервоара под притиском европске ракете Ариана, колеге са запада и истока су га питале зашто рад не промовише као докторску дисертацију јер се радило о потпуно новим сазанањима и решењима из домена Механике лома. Одговорио је: Одакле ми времена и за то!



ПРЕДАВАЊЕ
ХРИСАФОВИЋ У
КРЕМФИЛДУ У
ЕНГЛЕСКОЈ 2013.

РАД ПРЕЗЕНТОВАН НА 28. КОНГРЕСУ МЕЂУНАРОДНЕ КОСМИЧКЕ АСОЦИЈАЦИЈЕ, У ДУБРОВНИКУ, 1978.

Specifikacija Konceptije i Proba strukture SG-1-10 Programa ARIANE zahteva da razvoj rezervoara tečnosti rakete (rezervoari pod pritiskom), posebno kada se radi o pojavi prslina, mora biti izvršena primenjujući najnovija iskustva Mehanike loma.

Potsećamo da se radi o :

- rezervoarima goriva i oksidatora Prvog stepena rakete,
- torusnom rezervoaru za vodu Prvog stepena rakete,
- rezervoaru goriva i oksidatoru Drugog stepena rakete
- torusnom rezervoaru za vodu Drugog stepena rakete,
- rezervoaru tečni kiseonik i tečni vodonik Trećeg stepena,
- kanalizacijama napajanja gorivima sva tri stepena rakete
- vodovima za pritisak glavnih rezervoara rakete i
- ostale posude-rezervoari pod visokim priskom.

Preporučeni document je NACA SP "Fracture control of metallic pressure vessels" za osnovni material, za varene spojeve i, ako je to slučaj, za zone odvrgnute zagrevanju.

Radovi koji su izvršeni u okviru Programa ARIANE su prikazani u sledećem tehničkom dokumentu.

PRIMENA MEHANIKE LOMA U RAZVOJU REZERVOARA POD PRITISKOM EVROPSEK RAKETE „ARIANE“

NENAD V. HRISAFOVIĆ, inženjer konsultant,

Francuska

Originalni naučni rad UDC

Na konstrukciji lansirne rampe za ARIANE i projektantske specifičnosti, primenjeni su najsavremeniji rezultati istraživanja u oblasti mehanike loma na sud pod pritiskom, a radi obezbeđenja sigurnosti proizvoda tokom eksploatacionog veka.

Prikazan je karakterističan test u svrhu primenljivosti eksperimentalne metode, određujući – minimum garantovanog broja ciklusa za dati faktor sigurnosti, odnosno broja ciklusa za poznat krajnji pritisak.

Metoda je takođe bila primenjena na sudove pod pritiskom lansirne rampe ARIANE. Ključne reči: ARIANE, lansirna rampa, mehanika loma, eksploatacioni vek.

UVOD

Specifikacija razvoja i testova nosive ćelije evropske rakete-nosača satelita ARIANE (SG-1-10) je zahtevala da rezervoari rakete budu konstruisani, dimenzionisani i sertifikovan uzimajući u obzir pojavu porasta prslina pod konstantnim i cikličnim opterećenjima sledeći principe mehanike loma. Time se zahtevala i primena svih onih saznanja i rezultata istraživanja koja još nisu bila dovoljno uvedena u metodologiju konstruisanja i dimenzionisanja rezervoara pod pritiskom.

Takve metode su trebale da obezbede kvantitativan pristup svih uticajnih faktora: izbor osnovnog materijala za zidove rezervoara, metode izrade (način formiranja zidova i dna rezervoara, proces zavarivanja, izbor žice za zavarivanje, broj prolaza - grejanja pri zavarivanju i pri eventualnim popravkama, konačna termička obrada i dr.) da bi se osiguralo pouzdano i stabilno stanje proizvoda tokom njegovog radnog ciklusa. U slučaju da je izbor tehnoloških procesa izrade bio nametnut nekim drugim i imperativnim razlozima, kao i u slučaju da iskustvo izabranog proizvođača nije smatrano dovoljnom garancijom da će razvijeni proizvod zadovoljiti propisane tehničke zahteve, nametala se kompletna karakterizacija tehnološkog procesa i analiza dobijenih rezultata, u cilju da se omogući racionalno dimenzionisanje i osigura pouzdanost proizvoda u toku njegovog aktivnog radnog ciklusa. Pri tome je bilo imperativno uzeti u obzir:

- a) osobine usvojenog osnovnog materijala,
- b) usvojeni proces zavarivanja,
- c) predviđenu termičku obradu (povećanje kritičnih napona, smanjenje zaostalih napona),

- d) prirodu kolapsa rezervoara
- rasprnuće (debeli zidovi rezervoara)
 - pojavu probojne prsline i gubitak hermetičnosti (tanki zidovi rezervoara).

Postojeće iskustvo i pristupne analize su doveli do zaključka da problemi konstruisanja, dimenzionisanja, fabrikacije i provere pod pritiskom pre isporuke rezervoara su obrnuto proporcionalni debljini njegovog zavarenog zida. Kada se radi o posudama pod visokim pritiskom ($p > 250$ bar) pokazalo se da je klasična linearno-elastična mehanika loma sa parametrima kao što su K_{1c} , K_{th} , K_n (određeni za osnovni materijal, za zavarene zone i, kada je to izvodljivo, za termički pobuđene zone) integralno primenjiva za dimenzionisanje i određivanje veličine koeficijenta probe na pritisak, j_p .

To nije slučaj kada se radi o posudama sa tankim zidovima koje su izložene relativno niskim radnim pritiscima (slučaj rezervoara za gorivo i za oksidator rakete), jer

- u slučaju materijala čiji K_{1c} je povišen, kao i u drugim slučajevima gde je napon kolapsa viši od granice elastičnosti, kritična veličina prsline može biti određena samo na eksperimentalni način,
- u primeni na rezervoare tankih zidova je neophodno da se i brzina prodiranja prsline kroz zid rezervoara odredi u zavisnosti od broja naponskih ciklusa kojima je rezervoar izložen.

NAPOMENA: Usvojena je konvencija po kojoj naziv "rezervoar sa tankim zidom" se odnosi na slučaj gde je kritična veličina prsline bliska debljini zida i u svakom slučaju veća od polovine te debljine ($a/t > 0.5$).

Eksperimentalna karakterizacija svih zavarenih spojeva glavnih rezervoara rakete ARIANE klasiranih u kategoriju "rezervoari sa tankim zidom" se pokazala neophodnom.

KARAKTERIZACIJA ZAVARENIH SPOJEVA

Svi radovi su bazirani na pretpostavci da jedan rezervoar može biti predstavljen nizom standardnih uzoraka svih njegovih zavarenih spojeva u pogledu:

- osnovnog materijala (priroda, debljina),
- vrste zavarenog spoja,
- termičke obrade posle zavarivanja (ako je ona predviđena).

Standardni uzorci, na kojima su realizovani posebnim tehnološkim postupkom prsline željenog oblika (prema raspoloživim izvorima, najnepovoljniji oblik prsline je prsline polueliptičnog oblika čiji je odnos male i velike ose $a/2C = 0.20$) i željenih dimenzija, su najpre izloženi uzdužnom zatezanju koje je imalo za cilj da simulira, najbliže što je to moguće, probu rezervoara na pritisak, a zatim i ciklusima opterećenja koje rezervoar treba da podnese u toku svog aktivnog života.

Cilj tih aktivnosti je da se pokaže daje moguće odrediti takav zatežujući napon - lokalni rezultat probe na pritisak - da ako jedna prsline datih dimenzija nije prošla kroz zid rezervoara pod tim

naponom, ona neće proći ni u toku celog aktivnog života rezervoara. Time se pretpostavlja da je preostali ligament između dna prsline i spoljnog zida rezervoara dovoljno otporan da može da garantuje minimalni broj ciklusa opterećenja koji je kompatibilan sa aktivnim životom proizvoda.

To bi bio odgovor na pitanje postavljeno u početku razvoja rezervoara ARIANE: "Kako odrediti na racionalan način veličinu koeficijenta probe na pritisak j p da dobijena vrednost ne penalizuje težinu rezervoara, a garantuje da nikakva prsline neće ugroziti ni njegovu hermetičnost ni njegov integritet u upotrebi?".

IZVRŠENA ISPITIVANJA

Primenjene su sukcesivno tri grupe ipitivanja:

1. Određivanje mehaničkih karakteristika standardnih zavarenih i nezavareni uzoraka opterećenih na istezanje,
2. Određivanje uticaja zaostalih napona na raznim tipovima uzoraka sa prslinama,
3. Određivanje zaostalih mehaničkih karakteristika na istezanje raznih tipova uzoraka sa prslinama posle primene izvesnog broja naponskih ciklusa. Njihov broj je pogodbom ograničen na 10 000.

U ovom slučaju, proba na pritisak, kojoj podleže svaki rezervoar u završnoj fazi fabrikacije, je simulirana na dva nivoa:

- proba "visokim pritiskom" na 95% granice elastičnosti materijala,
- proba "niskim pritiskom" na 30% granice elastičnosti materijala.

Ovo je usvojeno iz sledećih razloga:

- simulacija probe "visokim pritiskom" omogućava da se kvantitativno odredi povećanje otpornosti na zamor uzorka sa prslinom,
- u izvesnim slučajevima može biti nametnut radni napon rezervoara znatno ispod njegove granice elastičnosti. Simulacija treba da kvantitativno odredi sekundarne posledice takve primene.

Na kraju ove serije vršio se lom uzorka na kidalici i pri tome se registrovao napon prolaza prsline kroz debljinu uzorka, kao i napon kidanja samog uzorka.

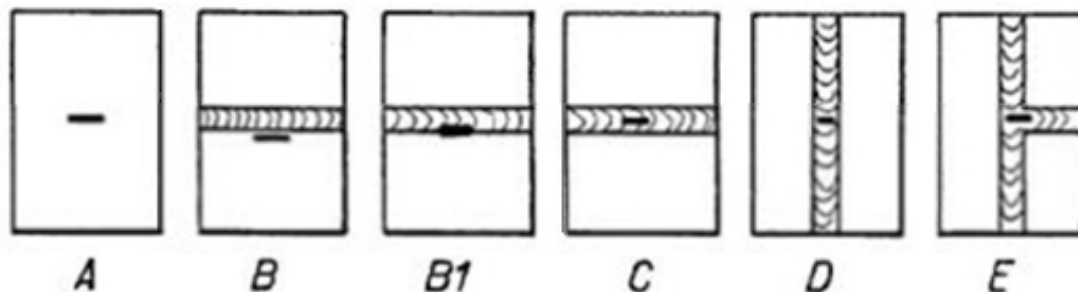
Tako izvršen program dovodio je, za svaki ispitani tip uzorka, do sledećih podataka:

- Napon loma zavarenog uzorka sa prslinom unapred određenih dimenzija, kao i napon prolaza prsline kroz debljinu uzorka ukoliko je prolaz prsline prethodio lomu,
- Broj ciklusa do prolaza prsline pod određenim naponom, što određuje brzinu prodiranja prsline,
- Inicijalnu dubinu prsline (pre simulacije probe pritiskom),

- Za prslinu unapred određenih dimenzija, uticaj napona probe pritiskom na brzinu prodiranja prsline, na napon prolaza prsline kroz debljinu uzorka i na napon loma uzorka.

POSTIGNUTI REZULTATI

Šest. sledećih osnovnih tipova zavarenih uzoraka su usvojeni, slika 1: .



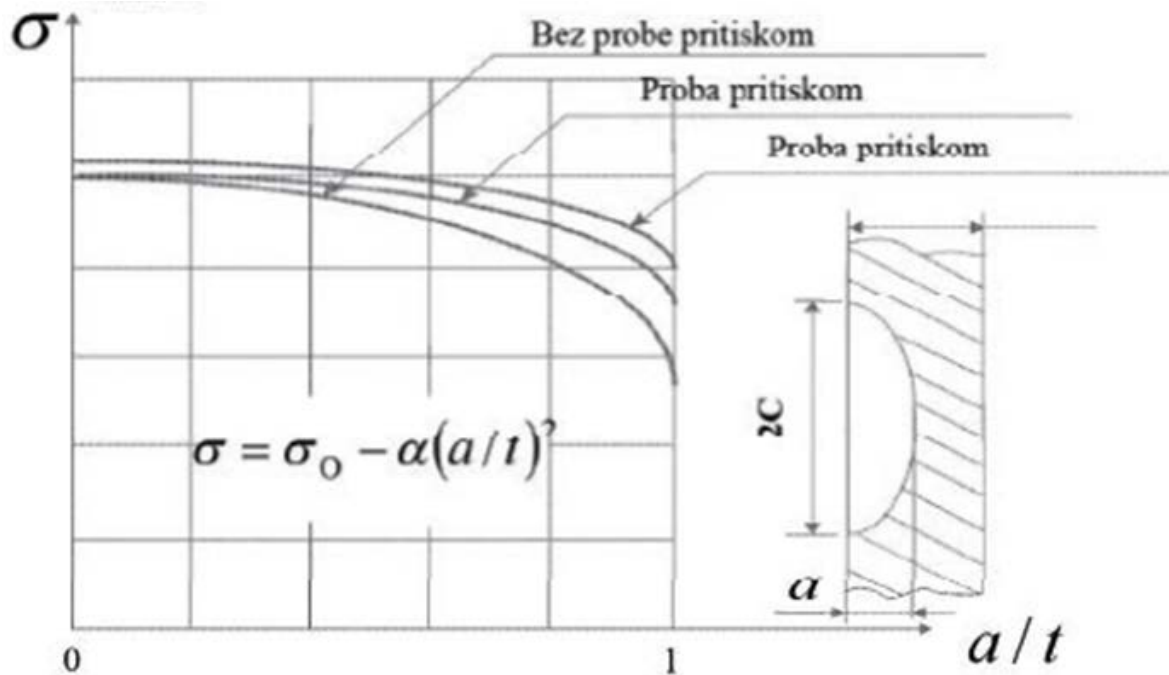
Slika 1 - Usvojeni standard Irwin uzorci

PRIMEDBA: U slučaju uzoraka C, D i E pokazalo se neophodnim poravnati zavareni spoj brusilicom.

Uzorke su isporučile u dovoljnom broju evropske firme kojima je bio poveren razvoj rezervoara ARIANE: Aérospatiale, Dornier, Air Liquide, ERNO i SEP. Prsline su izvedene u Centralnoj laboratoriji Aérospatiale sledeći postupak specijalno razvijen za Program ARIANE, koji je dao izvanredne rezultate kako u realizaciji unapred zahtevanih dimenzija prsline, tako i u reproduktivnosti primene postupka.

Taj postupak je bio izveden u četiri sledeće faze:

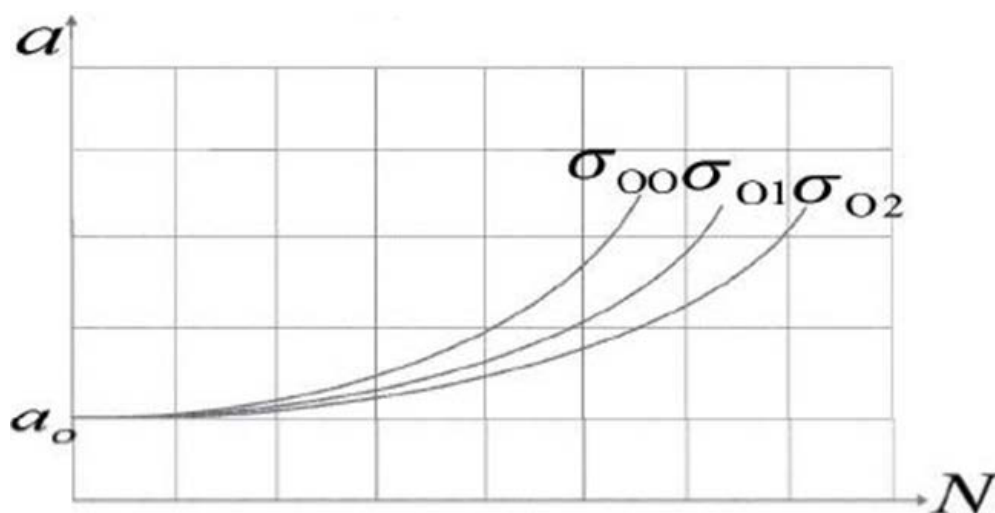
- inicijacija tocilom malog zareza čije su dimenzije (dužina, dubina) potpuno zanemarljive u odnosu na finalno zahtevane dimenzije prsline,
- inicijacija prsline, počev od navedenog zareza, zamorom na savijanje,
- razvoj prsline naponskim ciklusom na zatezanje ($R=0$) do unapred zahtevane relativne dubine a/t ,
- primena termičke obrade uzorka, ako je ta obrada predviđena na kraju zavarivanja datog rezervoara.



Slika 2 - Tipična kriva napona razaranja uzorka u funkciji od dubine prsline

Izvršena ispitivanja su pokazala da je moguće tačno odrediti za svaki tip ispitanog uzorka (dakle i svaki tip zavarenog spoja na datom rezervoaru):

- Zakon promene napona loma uzorka σ_R (ili napon prolaza prsline) u zavisnosti od relativne dubine prsline a/t i za različite napone probe pritiskom, slika 2.
- Zakon varijacije dubine prsline u zavisnosti od broja ciklusa i za razne veličine pritisaka u eksploataciji rezervoara, slika 3.



Slika 3 - Tipična kriva prodora prsline u funkciji broja ciklusa

Poznavajući ova dva zakona, moguće je resiti sledeće probleme:

- Odrediti koeficijent probe pod pritiskom j_p za poznatu graničnu vrednost pritiska u

eksploataciji i unapred poznat broj ciklusa koji rezervoar mora da podnese u toku eksploatacije.

2. Odrediti minimalni garantovani broj ciklusa za poznatu graničnu vrednost pritiska u eksploataciji i usvojeni koeficijent probe pod pritiskom j_p .

Takođe, upotreba ovih dijagrama mogla je biti od velike pomoći u slučaju da se ustanovi da tehnološki proces zavarivanja nekog rezervoara nije bio u potpunosti poštovan i da se zbog toga postavlja pitanje njegovog prijema i upotrebe.

KOMENTARI

Dijagrami $\sigma=f(a/t)$ i $a=\vartheta(N)$ su dragoceni elementi za analizu i donošenje odluka. Ako se prihvati da jedan rezervoar sa tankim zidom može biti predstavljen nizom uzoraka koji verno reprodukuju različite tipove njegovih zavarenih spojeva i ako se prihvati da se može zanemariti uticaj dvodimenzionalnog stanja napona, onda se može zaključiti daje dotični rezervoar verno pretstavljen nižom dijagrama koji omogućavaju da se izvrši analiza njegovog stanja u različitim slučajevima primene koji mogu da se pojave u praksi.

Preciznost navedenih dijagrama zavisi prvenstveno od broja ispitanih uzoraka; neophodno je da njihov broj bude dovoljno veliki, da bi se statistička analiza mogla obaviti uz dovoljan stepen poverenja.

Potrebno je podvući da dobijeni analitički izraz zavisnosti napona loma uzorka i napona prolaza prsline (pokazalo se u toku izvršenih ispitivanja da su prsline redovno izbijale u trenutku kolapsa uzorka) je:

$$\sigma_R = \sigma_{R0} - \alpha \left(\frac{a}{t} \right)^2,$$

gde je: α - specifični koeficijent za svaki tip uzorka i da je ovaj izraz je potpuno različit od zakona linearne mehanike loma

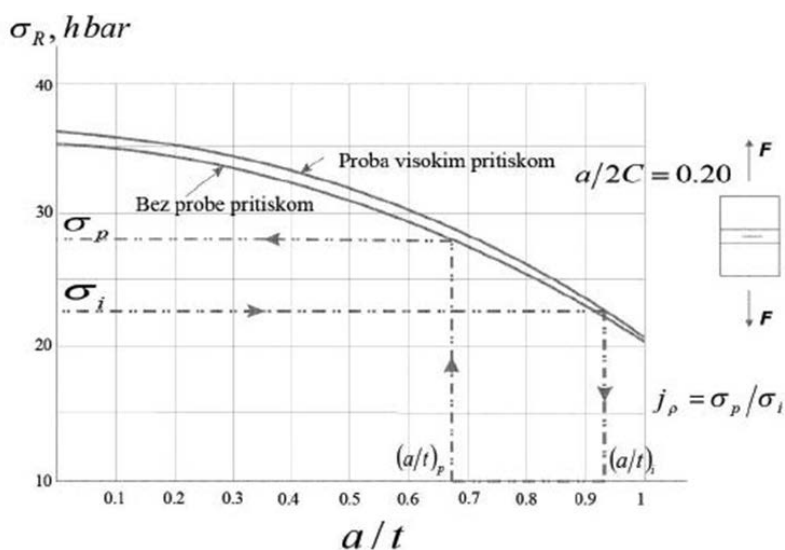
$$\sigma_R = \frac{K_{Ic}}{\beta \sqrt{a}}$$

što ukazuje da povećanje prsline nije uslovljeno mehanizmom loma već veličinom i prirodom preostalog ligamenta između dna prsline i zida uzorka.

Ovo se objašnjava sledećim činjenicama:

- Uzorci predstavljaju rezervoar sa veoma tankim zidom : $e/D < 10^{-3}$
- Relativna dubina prsline prelazi u svakom slučaju polovinu debljine zida; preostali ligament je izvesno u plastičnom stanju,
- Osnovni materijal je duktilan,

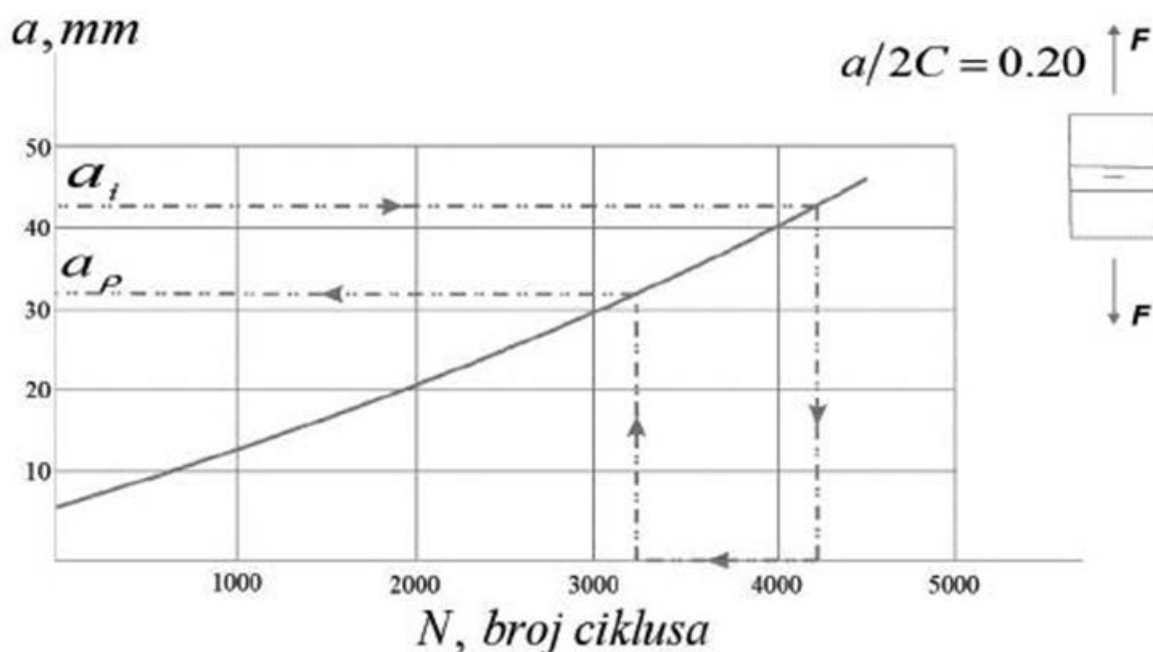
- Vrednost K_{1C} , koja se nalazi u tehničkoj dokumentaciji, je uvek određena u stanju ravne deformacije tj. u slučaju debelih zidova.



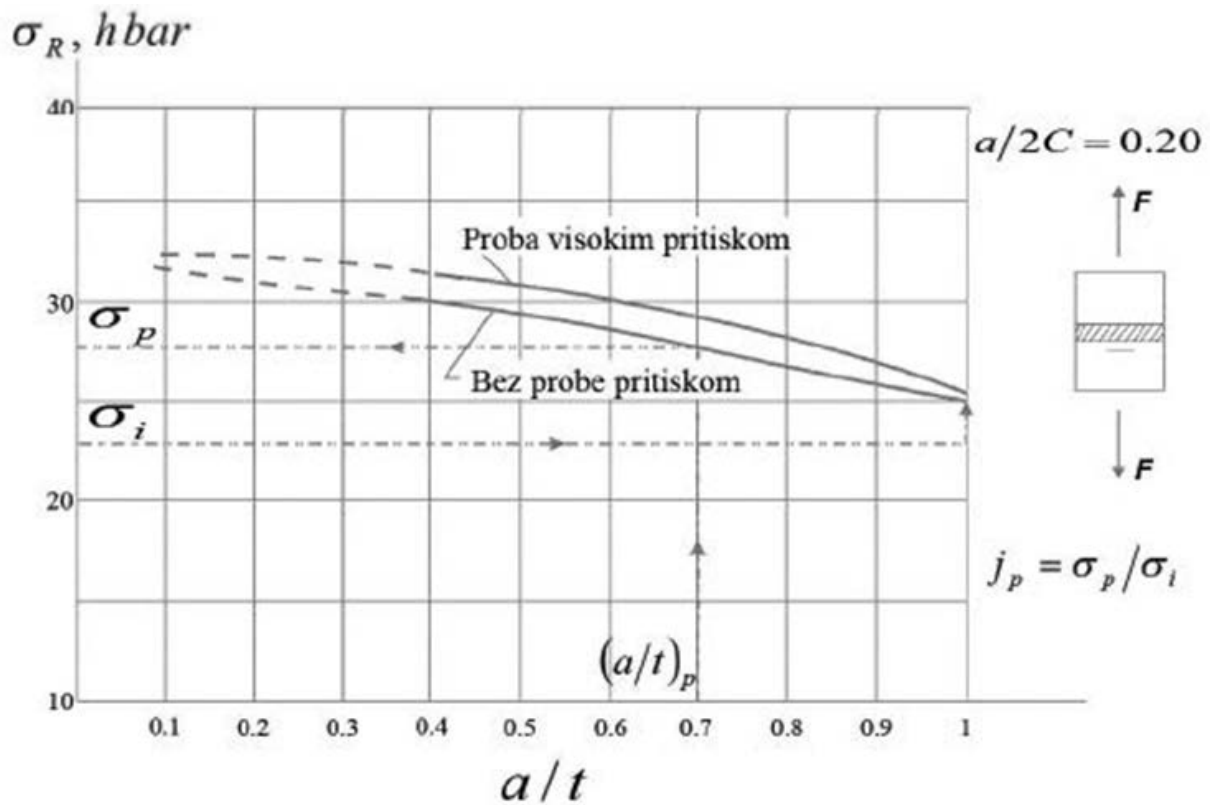
Slika 4 - Kriva razaranja (sa i bez probe pritiskom) u funkciji debljine prsline Tip C, $t=4.7$ mm

Odgovarajući maksimalni napon σ_p ne sme preći maksimalnu vrednost $0.95 \sigma_{Co,2}$ materijala.

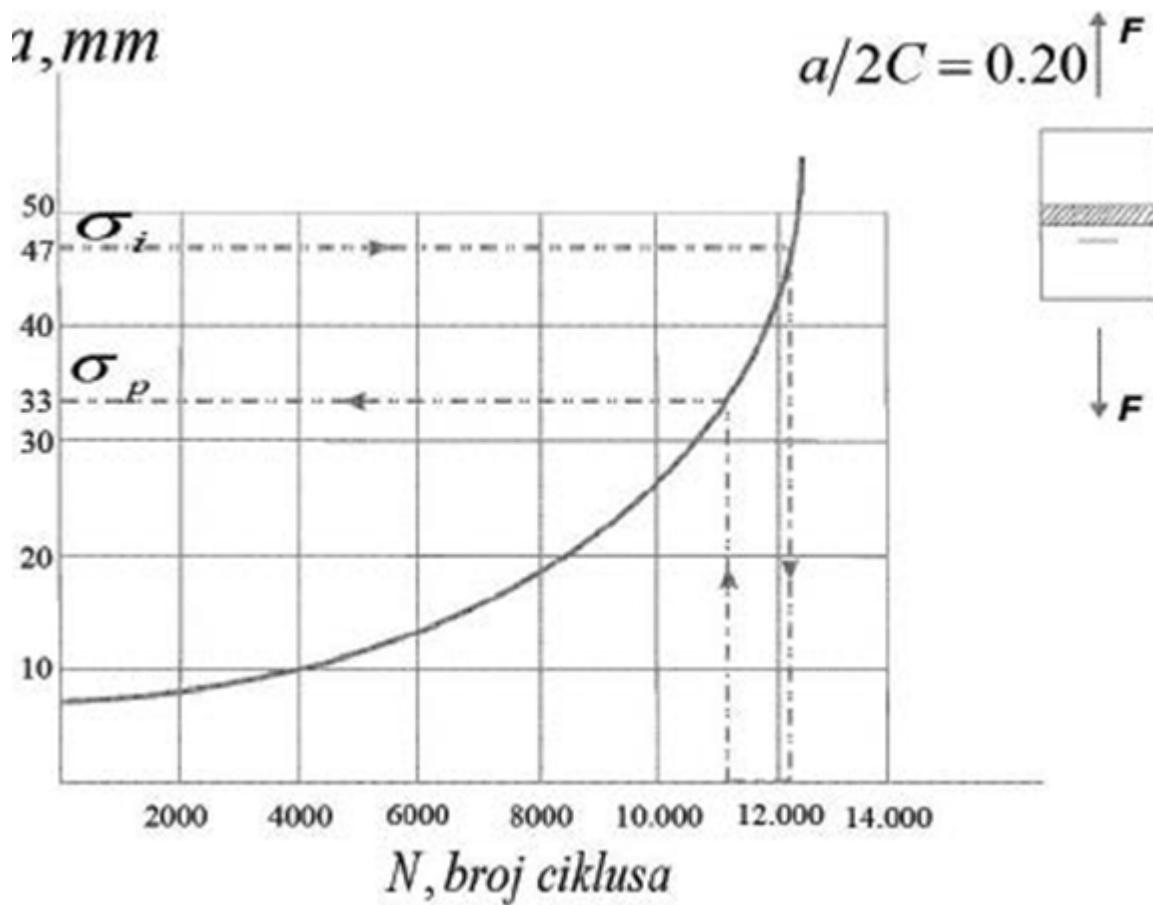
U specifičnom slučaju upotrebe rezervoara, gde je maksimalni radni napon σ , niži od OR čak i za $a/t = 1$, procedura određivanja vrednosti za j_p i za broj ciklusa N se vrši kako je prikazano na slikama 6 i 7.



Slika 5 - Prodor prsline pri probi visokim pritiskom u funkciji broja ciklusa Tip C, $t=4.7$ mm



Slika 6 - Kriva razaranja (sa i bez probe pritiskom) u funkciji debljine prsline Tip B, $t=4.7 \text{ mm}$



Slika 7 - Prodiranje prsline pri probi visokim pritiskom u funkciji broja ciklusa Tip B, $t=4.7 \text{ mm}$

Prikazani postupak se ponavlja za sve zavarene spojeve jednog rezervoara.

Najmanja određena vrednost za lokalni koeficijent probe na pritisak se usvaja kao njegov koeficijent probe na pritisak.

Dodajmo da je konstatovano da brzina prodiranja prsline sledi zakon PARIS-a

$$\Delta K = A\sigma \frac{a}{t}$$

$$\frac{da}{dN} = C\Delta K^m$$

gde je:

A - konstanta koja zavisi od uslova probe na pritisak i debljine uzorka,
a - napon ciklusa za R=0, C i m - konstante.

Konstante C i m su određene iz uslova ispitivanja. Pokazalo se da je u svim slučajevima konstanta m reda veličine m ÷ 2. Vrednost konstante C varira sa tipom ispitivanog uzorka.

ZAKLJUČAK

Izvršeni radovi su potvrdili mogućnost da se eksperimentalnim putem okarakterišu svi zavareni spojevi jednog rezervoara sa tankim zidom i da se na taj način odredi, za usvojeni osnovni materijal, za usvojenu tehnologiju zavarivanja i za eventualnu dopunsku termičku obradu, kao i za maksimalni lokalni radni pritisak rezervoara,

- Koeficijent probe na pritisak rezervoara jp
- Dužina aktivnog radnog ciklusa.

Ova metoda je sa uspehom primenjena na svim rezervoarima sa tankim zidom rakete-nosača satelita ARIANE sa sledećim rezultatom za koeficijent probe na pritisak

Tabela 1 - Vrednost koeficijenta probe na pritisak

Rezervoari	Materijal	jp
1. stepen	čelik 15CDV6	1,32
2. stepen	dural A-Z5G	1,20
3. stepen	dural A-Z5G	1,10

Za propisanu minimalnu donju granicu u specifikaciji. SG-1-10: jp= 1,05.

LITERATURA

NASA SP- 6502 "Eléments of design review of space Systems"

NASA SP- 8040 "Fracture control of metallic pressure vessels"

N.Hrisafović and J.P.Ledey "Study on fracture mechanics phenomena. in the ARANE program",
Acta Astronautica Vol.7 pp. 839- 845

Vuk Ćulafić "Uvod u mehaniku loma", izdanje Univerzitet Crne Gore 1999

W.H.Tam, M.J. Debrezeni, W.D. Lay and D.Gallet "Design and development of NEAR Oxider Tank",
Journal AIAA 95 - 2528

S.Hanagud and B.Uppaluri "Probabilistic Fracture Mechanics and Optimum Fracture Control",
AIAA Journal of Space Crafts and Rockets 1979 NASGRO 4.1 Fracture Mechanics and
Fatigue Crack Grow Analysis Software, NASA Johnson Space Center.

ГРАЂАНИН РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ



На крају наше приче, велики српски инжењер изнео је своју животну интиму. Каже, када за то дође време, са овог света жели да оде као држављанин Републике Српске. Са пасошем и личном картом РС на грудима...

...Пошто ми се свашта издогађало несрећне 1993, и када сам се својим очима уверио да народу коме припадам поново проживљава велике неправде и страшно страдање, одлучио сам да од тадашњих власти Караџићеве државе затражим лична документа. У Паризу, прво, понудили су ми пасош муслиманско-хрватске федерације, а ја већ тада Босну нисам сматрао својом.

Рекох, им у Паризу, идите дођавола...

Сетио сам се пријатељице и куме Дубравке Сувајџић, удовице Боре Алагића, за коју сам чуо да је у Врховном суду Републике Српске. Замолио сам је за помоћ, а она ми је дала савет да одем на Пале, у њену кућу, и да поднесем документа у паљански МУП. И би тако.



КУМ, КАПЕТАН ВЕСЕЛИН МИСИТА

Ненад даље прича како га је 1932, крстио кућни пријатељ капетан Краљевске војске Веселин Мисита, исти онај који је отишао код Драже на Равну гору и ослободио Лозницу од Немаца исте године. Миситу је последњи пут видео негде маја 1941. у Београду када је дошао код њих у Дечанску да се опрости пред одлазак на Равну Гору. Капетан је мучки убијен пошто је ослободио град од Немаца, а његова рођена сестра је била, у ствари, мајка Дубравке Сувајџић, судије Врховног суда РС.

На Палама, сам 1993. добио документа државе чијем народу припадам.



ХАРМОНИЈА са супругом Франсин пуних 52 године дели добро и зло



ЖИВОТ на полицама његовог дома медаље и макете

- Када умрем и положи ме у сандук, на грудима ће ми бити пасош и лична карта Републике Српске и икона Свете Параскеве, моје Крсне славе, све док нас пламен не претвори заједно у пепео - завршава Ненад Хрисафовић, највећи инжењер и конструктор кога, Богу хвала, још имамо.



ХЕРМЕС Ненад је одахнуо и због посла који није био инжињерски могућ



АРИАНА ракета га је винула у научну орбиту



СРПСКА Ненад Хрисафовић поносан што је држављанин РС од 1993.

ФРАНЦУСКИ ВИТЕЗ СРПСКЕ КРВИ

Ненад Хрисафовић са супругом Франсин живи у Антонију, једном предграђу Париза док лето проводи у викенд кући у Бретањи. Некада је био наутичар. Са својим бродом „Мерак“ крстарио је широм света.

У Србију долази једном годишње. Он је витез науке Француске државе, али је Србин без остатка.

Писати ове странице о његовом животу и раду било је професионално и приватно задовољство.

Драган Вујичић

AHEKC 1

RADNA BIOGRAFIJA

Prezime	HRISAFOVIĆ
Ime	Nenad
Adresa	5ter, rue Prosper Legouté 92160 ANTONY (France)
Državljanstvo - francusko	Nacionalnost - srpska
Školska sprema	Diplomirani inženjer Vazduhoplovnog oteka Mašinskog Fakulteta Univerziteta u Beogradu
Strani jezici	francuski, ruski, engleski.
Odlikovanja	- Ordre National de Mérite, Chevalier (Francuska) - Srebrna Medalja C.N.E.S. (Francuska) - Srebrna Medalja Akademije Vazduhoplovstva i Svemira (Francuska) - Medalja "Rudolf Diesel" firme M.A.N. (Nemacka) - Medalja "Clément Adler" naucnog drustva S.E.P.I.N. (Francuska)
Poslednje radno mesto	Tehnički Savetnik Direktora Direkcije za razvoj raketa-nosača satelita Nacionalnog Centra za Svemirska Istraživanja C.N.E.S. (Francuska) U penziji od 1.10.1997.
Aktivnosti	Ekspert B.N.A.E. (Bureau de Normalisation de l'Aéronautique et de l'Espace), član Komisije Raketna tehnika-Svemir i povremeni član francuske delegacije u ISO (International Standard Organisation), Svemirska sekcija (ISO TC20/SC14) do 21.06.03. Od 15.09.2003: Inženjer Konsultant u slobodno vreme.

NAJZNAČAJNIJI RADOVI U DOMENU AERONAUTIKE (Konceptije, studije, realizacije 1960-1968)

1. Jedrilica dvosed HS - 62 "CIRUS". Jedan prototip je izveden.
2. Jedrilica dvosed visokih sposobnosti HS – 64 (poboljšana verzija jedrilice HS-62) izvedena u seriji za potrebe Vazduhoplovnog Saveza Jugoslavije.
3. Jedrilica dvosed "CHOUCAS II", preradjena predimenzionisana verzija jedrilice BREGUET 906.
4. Akrobatski avion dvosed CAP 10 izveden u 300 primeraka od kojih 70 za potrebe francuske Armée de l'Air.
5. Akrobatski avion jednosed za takmičenja u visokoakrobatskom letenju CAP 20, izveden u manjoj seriji za francusku Armée de l'Air. Taj avion, kao i njegove sledece verzije CAP 20L,

CAP 21, CAP 230, CAP 231 i CAP 232 su osvajali više puta prva mesta na međunarodnim akrobatskim takmičenjima i svetskim prvenstvima u akrobatskom letenju.

NAJZNAČAJNIJE AKTIVNOSTI U SVEMIRSKOM DOMENU (1969 – 1997)

1.0 Aktivnosti u firmi AEROSPATIALE, Divizija Balističkih i Svemirskih Sistema (1969 – 1986)

- 1.1 Program francusko-nemačkog satelita "SYMPHONIE" (1969 – 1973). Odgovorni inženjer za strukturu i mehanizme satelita u Projektantskoj Grupi C.I.F.A.S.
- 1.2 Program rakete- nosača satelita ARIANE (1973 – 1980). Odgovorni inženjer za oblast "Vazduhoplovne tehnike" (proračuni i ispitivanja iz oblasti aerodinamike, aerotermike, termike struktura, dinamike, statike i dimenzionisanja rakete) u timu Glavnog Projektanta ARIANE.
- 1.3 Program rakete-nosača satelita ARIANE 3 (1980 – 1986). Glavni Projektant rakete nosača-satelita ARIANE 3 i njene uprošćene verzije ARIANE 2.

2.0 Aktivnosti u Nacionalnom Centru za Svemirska Istraživanja (C.N.E.S.) (1986-1997)

- 2.1 Odgovorni inženjer za Sintezu koncepcije Hipersonične jedrilice (povratak iz orbite kosmičkog evropskog aviona HERMES) i zamenik šefa divizije po tehničkim pitanjima (1986-1989).
- 2.2 Pomoćnik šefa Divizije Sinteze ARIANE 5 – HERMES (1989-1991)
- 2.3 Tehnički Savetnik Direktora po pitanjima tehnike raketa-nosača satelita (1991-1997).

U tom svojstvu, osim rešavanja tehničkih problema uočenih u eksploataciji rakete - nosača satelita ARIANE 4 i u razvoju rakete-nosača satelita ARIANE 5

- Predsednik kontrolne komisije (Chairman) razvoja brazilijanske rakete nosača satelita VLS 1 u domenu uspostavljanja i harmonizacije taktičko-tehničkih zahteva sistema i podsystema rakete, kao i u domenu kritičke analize predložene konfiguracije rakete i rezultata projektantskih aktivnosti (Critical Design Review).
- Ekspertiza razvoja i rešavanja tehničkih problema u razvoju trećeg stepena kineske rakete-nosaca satelita LONG MARCH 2E. Taj stepen je specijalno razvijen za lansiranje telekomunikacionig satelita ASIASAT 2 kompanije ASIASAT iz Hong Konga.
- Kao član francuske delegacije u ISO, šef projekta i autor standarda:
 - a. ISO 14953 "Space systems-Determination of loading levels for static qualification testing of launch vehicles". Taj standard je promulgovan odlukom Centralnog Sekretarijata ISO 1.05.2000.
 - b. ISO 14622 "Space systems-Loads and induced environment". Taj standard je promulgovan odlukom Centralnog Sekretarijata ISO 15.12.2000.
 - c. ISO 14303 „Space systems- Launch vehicle-to-spacecraft interfaces“. Taj standard je promulgovan odlukom Centralnog Sekretarijata ISO 15.10.2002.

STRUČNI RADOVI OBJAVLJENI NA KONGRESIMA I.A.F. (International Astronautical Federation)

1. "PHILOSOPHIE GENERALE DU DIMENSIONNEMENT DU LANCEUR ARIANE"
XXVI Congres I.A.F. Lisabon, Portugalija, 21-27 Septembar 1975
2. "ETUDE DE L'EFFET POGO SUR LE LANCEUR ARIANE"
XXVII Congres I.A.F. Anaheim, California, USA, 10-16 Oktobar 1976
3. "STUDY ON THE FRACTURE MECANICS PHENOMENA IN ARIANE PROGRAM"
XXIX Congres I.A.F. Dubrovnik, Jugoslavija, 1-10 Oktobar 1978
4. "LA PREVENTION DES INSTABILITES POGO SUR ARIANE 1"
XXXIII Congres I.A.F. Paris, Francuska, 27 septembar-2 Oktobar 1982
5. "COMPOSITE MATERIJALS SELECTION FOR THE MAIN STRUCTURES OF HERMES SPACE PLANE"
XXXX Congres I.A.F. Malaga, Spanija, 7-12 Oktobar 1989

NAUČNO-STRUČNI SKUPOVI JUDEKO (Jugoslovensko Društvo za Mašinske elemente i Konstrukcije)- IRMES (Istraživanje i Razvoj Mašinskih Elemenata i Sistema)

1. IRMES' 1998: "Određjivanje opterećenja za statičke probe pri kvalifikaciji kompleksnih struktura raketa- nosača satelita (ISO DIS 14953)" Beograd, 10-11 Septembar 1998
2. IRMES' 2000: "Određivanje osnovnih karakteristika novih kompozitnih materijala za potrebe konstruktivnih biroa" Kotor, 13-15 Septembar 2000
3. IRMES' 2002 : "Sigurnost svemirskih sistema u skladu sa ISO 14622"
Srpsko Sarajevo- Jahorina, 19-20 Septembar 2002

NAUČNO-STRUČNI RADOVI OBJAVLJENI U GLASNIKU SAVEZ INŽENJERA I TEHNIČARA SRBIJE „TEHNIKA“

1. „Istraga povodom katastrofe američkog orbitera „Kolumbija“. Dinamička proba otpornosti napadne ivice levog krila“
Godina LVII 2003 n°6
2. „Pitanje zamene američkog orbitera jednom malom svemirskom letilicom“
Godina LIX 2004 n°2

+

3. „Studije stabilnosti ciklusa strukura-pogonska grupa na raketi-nosaču satelita „ARIANE“
Godina LXI 2006 n°1
4. „Primena Mehanike loma u razvoju rezervoara pod pritiskom evropske rakete „ARIANE“
Godina LXI 2006 n°3

AHEKC 2

Pismo UCV od 5. januara 1965.

