

NUOTOLINIŲ BŪDU VALDOMO UNIVERSALIAUS MAŽO SKRAIDANČIO SPARNO
KONCEPCIJOS KŪRIMASUgnius Ragauskas¹, Domantas Bručas², Gražvydas Bajarūnas³, Gytis Šėgžda⁴¹VGTU AGAI Aviacinės mechanikos katedra; ²Kosmoso mokslo ir technikos institutas
El. p. ¹ugniusrag@gmail.com; ²dobr@kmti.com; ³bajarunas.grazvydas@gmail.com; ⁴gytis.segzda@mil.lt

Santrauka. Populiarijantys nuotoliniu būdu valdomi orlaiviai (toliau – NBVO) užima vis didesnę rinkos dalį. Orlaiviai naudojami tiek civiliam gyvenime, tiek karyboje. Įvairūs orlaivių tipai naudojami žvalgybai, stebėjimui, oro žemėlapių sudarymui, taikinių imitavimui, taip pat šiuo metu ypač populiarėja oro krovinių gabenimas. Kiekvienam poreikiui reikalingi skirtingi orlaiviai, tačiau dažnai tas pats uždutis gali atlikti ir tas pats orlaivis. Orlaivis gali būti universalus, tačiau jo tam tikri elementai turi būti keičiami ir standartizuojami. Taip galima pasiekti gamybos produkcijos kokybę su žemais kaštais. Tyrimo metu buvo ieškoma reikiamos konstrukcijos orlaivis, kuris būtų įvairioms užduotims vykdyti. Pirmiausia buvo formuojami reikalavimai – kokio orlaivio reikia, po to skaičiuojama konstrukcija. Orlaivis pasirinktas sąlyginai mažas, kuriuo bus atliekami testai ir vykdomi tolimesni tyrimai. Buvo numatyta, kad tos pačios konstrukcijos orlaiviu bus bandoma atlikti įvairias užduotis – nuo stebėjimo darbų iki nedidelių krovinių gabenimo.

Reikšminiai žodžiai: NBVO, beuodegė schema, standartizuojamos detalės.

1. Įvadas

Nuotoliniu būdu valdomi orlaiviai (NBVO) vis labiau populiarėja (Advances ...2007). NBVO naudojami tiek civiliniams, tiek kariniams tikslams. Jie gali būti skirti įvairioms specifinėms užduotims vykdyti. Pagaminus universalius orlaivius ir standartizavus pagrindines jų dalis, kurios esant poreikiui greitai keičiamos, galima pasiekti didesnę gamybos našumą bei produkcijos kokybę. Tyrimui pasirinktas sąlyginai mažas orlaivis įvairiems tyrimams atlikti. Buvo vykdomos įvairios užduotys skirtingais skrydžio režimais tam, kad būtų suformuoti reikalavimai projektuojamam orlaiviui. Kadangi bene svarbiausia orlaivio dalis yra sparnas, tyrimo metu jam bus skiriamas didžiausias dėmesys: parinktas sparno profilis, sparno geometriniai parametrai ir visa tai analizuojama. Parinktas sparnas su geriausiomis charakteristikomis.

2. Reikalavimai

Pagrindiniai reikalavimai buvo nustatyti atliekant praktinius bandymus su X-5 ir X-8 lėktuvais (1 pav.). Atlikus bandymus įvairiais tikslais, įvairiu oru ir skrydžio režimais bei atsižvelgus į gautus rezultatus, buvo nustatyti tokie pageidaujami projektuojamo orlaivio reikalavimai:

Sparnų mojis b iki 1,20 m;

Tuščiojo orlaivio svoris $m = 1,5\text{ kg}$;

Naudingas kroviny $m_n = 0,5\text{ kg}$;

Skrydžio greitis $v = 15\text{--}17\text{ m/s}$;

Smukos greitis $v_{sm} = 7\text{ m/s}$;

Pakilimas bus atliekamas lėktuvą išmetant ranka;

Nusileidimas parašiotu.

Tam, kad orlaivis pakilimo ir skrydžio metu pakeltų norimo svorio naudingą krovinį, reikalingas sparnas su tam tikrais geometriniais parametrais. Toliau bus skaičiuojami žemiau pateikti parametrai:

sparno įkrova W_L ;

sparno plotas S ;
sparno proilgis A (*aspectratio*);
sparno susiaurėjimas λ (*taperratio*);
sparno strėliškumas Λ (*swept angle*);
sparno skersinio V kampas, sparno pastatymo kampas;
sparno padėtis (aukštasparnis, žemasparnis ar vidursparnis).

Taip pat būtina atsižvelgti į tai, kad reikalingas tam tikro dydžio rėmas, kuris talpintų reikiamo dydžio bateriją bei fotokamerą.



1 pav. X-5 ir X-8 eksperimentinių orlaivių platformos
Fig. 1. X-5 and X-8 experimental aircrafts

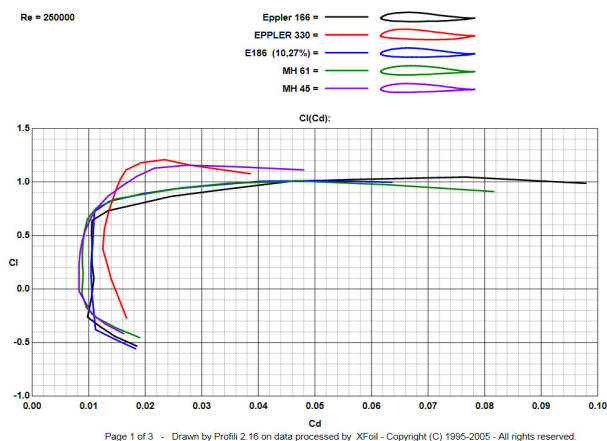
3. Orlaivio konfigūracijos studija

Tyrimo metu buvo renkami įvairūs orlaivių dalių tipai, jie analizuojami. Ieškomas geriausios keliamosios jėgos ir pasipriešinimo sparnas. Taip pat ieškoma optimali sparnų

geometrija, sparnų pastatymo kampas, centruotės bei stabilumo rodikliai.

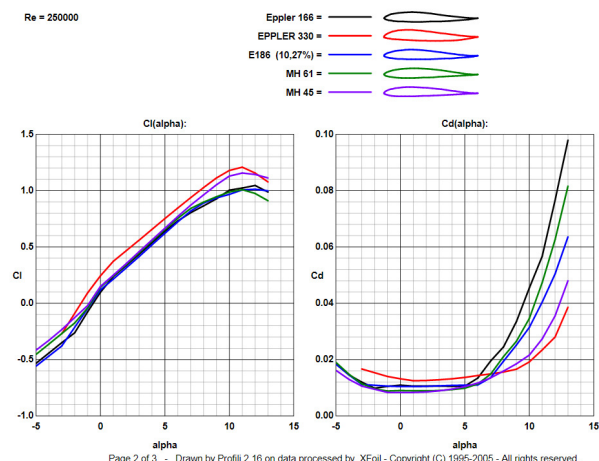
Sparnas. Orlaivio pagrindinis elementas yra sparnas. Jis sukuria keliamąją jėgą, kurio dėka orlaivis ir skrenda. Todėl orlaivio sparno pasirinkimui skiriamas didžiausias dėmesys. Pagal nustatytus reikalingus parametrus ir renkamas sparnas. Pirmiausia apskaičiuojamas Reinoldso skaičius (Reinoldso ... 2013). Standartinis skrydžio aukštis – 100 m, greitis – 17 m/s, styga – 25 cm. Taigi Reinoldso skaičius ~300000

Toliau pasinaudojus kitais šaltiniais renkami įvairūs sparno profiliai. Jie nėra pasirinkti visiškai atsitiktinai. Pasinaudojus programine įranga pasirinktas vienas dažniausiai naudojamų sparnų profilių skraidančio sparno platformose. Žemiau pateikti grafikai rodo sparno profilio priklausomybes: 2 pav. – keliamosios jėgos koeficiento nuo pasipriešinimo koeficiento; 3 pav. – keliamosios jėgos ir pasipriešinimo koeficientų priklausomybė nuo atakos kampo α .



2 pav. Keliamosios jėgos koeficiento nuo pasipriešinimo koeficiento priklausomybė

Fig. 2. Lifting force coefficient dependence on resistance coefficient



3 pav. Keliamosios ir pasipriešinimo jėgų koeficientų priklausomybės nuo atakos kampo α

Fig. 3. Lifting force and resistance coefficient dependence on attack angle α

Galima teigti, jog didžiausią keliamąją jėgą turi EPPLER 300, tačiau geriausia keliamosios ir pasipriešinimo jėgų koeficientų santykį turi MH 45 sparno profilio. Kadangi keliamosios jėgos koeficientas skiriasi nedaug, pasirinktas sparno profilis MH 45.

Sparno įkrovos ir sparno ploto skaičiavimas. Lėktuvo sparno įkrova yra vienas svarbiausių faktorių, kurie turi įtakos lėktuvo skrydžio charakteristikoms. Sparno įkrova W_L apskaičiuojama pagal formulę (Raymer 1989):

$$W_L = \frac{m_0}{S} = \frac{1}{2g} q V_{sm}^2 C_{Lmax} \quad (1)$$

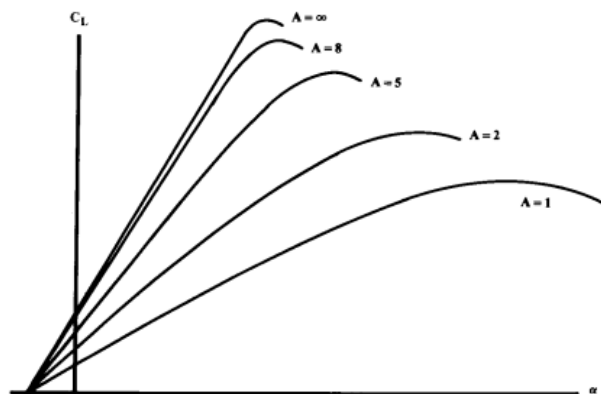
čia S – sparno plotas; $q = 1,3 \frac{kg}{m^2}$ – oro tankis 100 m aukštyje; $V_{sm} = 7 \frac{m}{s}$ – pasirinktas orlaivio smukos greitis; $g = 9,8 \frac{m}{s^2}$ – laisvojo kritimo pagreitis; $m_0 = 2kg$ – maksimali projektuojamo lėktuvo masė.

$$W_L = \frac{m_0}{S} = \frac{1}{2} \times 1,3 \times 7^2 \times 1,2 = 3,8 \frac{kg}{m^2} = 38 \frac{g}{dm^2}$$

Apskaičiavus sparno įkrovą W_L , galime apskaičiuoti reikalingą sparno plotą S :

$$S = \frac{m_0}{W_L} = \frac{2000}{47} = 52,63 dm^2 = 5263 cm^2;$$

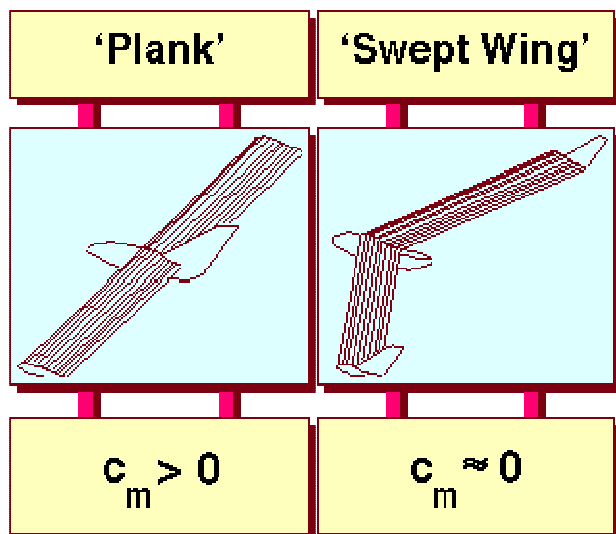
Sparno proilgio parinkimas. Sparno proilgis – tai mosto b ir vidutinės stygos c santykis. Sparnas, kuris yra ilgas ir siauras, turi didelį proilgį, o trumpas ir platus – mažą. Taip pat sparnas su dideliu proilgiu sudarys mažesnę pasipriešinimą, palyginti su sparnu turinčiu mažą proilgį, esant tai pačiai keliamajai jėgai, tačiau pastarasis yra stipresnis ir manevringesnis (Raymer 1989). 4 paveiksle matyti, kaip keliamosios jėgos koeficientas priklauso nuo atakos kampo esant skirtingiems sparno proilgiams.



4pav. Skirtingų sparno proilgių įtaka keliamajai jėgai

Fig. 4. Different wing length influence to lifting force

Sparno strėliškumas. Vienas sparno stabilumo parametrų yra sparno strėliškumas (Houghton 2013). 5 paveiksle matyti sparno strėliškumo įtaka stabilumui.



5 pav. sparno strėliškumo įtaką stabilumui
Fig. 5. Wing sweepback influence to stability

Išilginį stabilumą sukuria sparno profilis. Orlaiviui skristi reikalingas profilis su teigiamu momento koeficientu.

Strėliškas sparnas. Čia galima naudoti įvairius sparno profilius, kadangi sparno strėliškumas gali būti įvairus. Pasirenkant – sparno susukimą ar strėliškumą. Norint pasiekti geriausias charakteristikas, patartina naudoti mažo momento sparno profilius. Jiems reikalingas mažesnis susukimas.

Kadangi sparnas jau yra pasirinktas ir tikimasi kuo stabilesnio skrydžio, renkamės strėlišką sparną. Labiausiai tinkantis sparno strėliškumas – apie 15 laipsnių.

4. Sparno skersinio V kampas bei sparno padėtis

Sparno skersinio v pastatymo kampas didžiausią įtaką turi išilginiui orlaivio stabilumui, (Nielson 1998). NBVO turi būti kuo stabilesnis. Tuomet autopilotui bus lengviau orlaivį suvaldyti. Orlaivis privalo būti aukštasparnis, tai yra orlaivio sparnas tvirtinamas aukščiau fiuzeliažo. O kuo didesnis pastatymo kampas, tuo orlaivis posvyrėje bus stabilesnis. Dėl konstrukcinių ypatumų orlaivio v kampą didelį konstrukciškai pagaminti yra sudėtinga. Todėl orlaivis gali turėti 2-3 laipsnių teigiamą pastatymo kampą bei būti aukštasparniu.

5. Parašiuo skaičiavimas

Greitam bei paprastam nusileidimui pravartu naudoti parašiuotą. Parašiuoto naudojimas leidžia nusileisti gana mažoje ir uždaroje vietovėje; taip gali apsaugoti orlaivio įrangą avarinio nusileidimo metu. Naudojant parašiuotą reikalingas tik minimalius valdymo įgūdžius turintis operatorius (Knacke 1992).

Parašiuoto diametras D apskaičiuojamas pagal formulę:

$$D = \sqrt{\frac{8mg}{\pi' EMBE DEquation.3' C_{Dpar} V_{par}^2}} \quad (2)$$

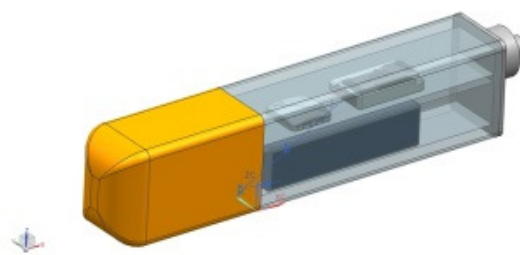
čia C_{Dpar} yra parašiuoto pasipriešinimo koeficientas, priklausantis nuo parašiuoto formos; $V_{par} = 5 \frac{m}{s}$ – parinktas parašiuoto su lėktuvu saugus leidimosi greitis.

Parašiuoto efektyvumas priklauso nuo jo pasipriešinimo koeficiento C_{Dpar} , o šis koeficientas priklauso nuo parašiuoto formos. Efektyviausias yra kupolo formos parašiuotas, kadangi jis turi didžiausią pasipriešinimo koeficientą: standartinio kupolo formos parašiuoto pasipriešinimo koeficientas yra $C_{Dpar} = 1,5$. Toliau suskaičiavus pagal jau pateiktą formulę, gauname parašiuoto diametrą, saugiam orlaivio nusileidimui:

$$D = \sqrt{\frac{8 \cdot 2 \cdot 9,8}{3,14 \cdot 1,3 \cdot 1,5 \cdot 5^2}} = 1,01 m.$$

6. Fiuzeliažas

Fiuzeliažas yra orlaivio dalis, kuri talpina naudingąją krovinį. NBVO dažniausiai talpina jo paties valdymo bei ryšio įrangas. Todėl fiuzeliažas turi būti pakankami erdvi, tačiau didinant fiuzeliažą didėja pasipriešinimas; pats fiuzeliažas neatlieka jokios naudingos aerodinaminės funkcijos. 6 paveiksle matyti standartinis fiuzeliažo tipas. Čia pateiktas stačiakampio gretasienio korpusas su užapvalintais kampais bei nosimi. Ypatumas toks, jog nosis, kuri dažniausiai talpina naudingąją krovinį, jo gaminimo metu yra pritvirtinama. Taip galima sutaupyti keičiant naudingąją krovinį bei standartizuoti likusio fiuzeliažo dalis.



6 pav. NBVO fiuzeliažas su keičiama nosimi
Fig. 6. RCA fuselage with changing nose

7. Modeliavimas

Orlaivio kūrimo procese kitas žingsnis yra orlaivio koncepcinio modelio kūrimas, jo parametrų tikrinimas bei aerodinaminių savybių patikslinimas. Tam naudojama programinė įranga XFLR5. Ši programa orlaivį sumodeliuoja (7 pav.). Nustatomos aerodinaminės savybės.



Orlaivio kūrimas yra sudėtingas procesas. Tam reikalinga daug teorinių bei praktinių žinių. Keleto atliktų eksperimentų duomenimis orlaivio prototipas, sukurtas remiantis tik teorinėmis žiniomis ne visada sėkmingas. Dažnai orlaiviai kuriami pasitelkus jau esančias koncepcijas. Tyrimo metu suprojektuotas orlaivis jau gaminamas ir artimiausi eksperimentai parodys jo teigiamas savybes, trūkumus bei leis toliau tobulinti orlaivio prototipą, skirtą įvairioms užduotims vykdyti.

Advances in Unmanned Aerial Vehicles. 2007. 24. 543 p.

Houghton, E. L. 2013. *Aerodynamics for engineering students.* 6th ed. Mass.: Butterworth-Heinemann.

Knacke, T. W. 1992. *Parachute Recovery Systems: Design manual.* Santa Barbara, CA. Para Pub.

Nelson, R. C. 1998. *Flight Stability and Automatic Control.* Boston, Mass.: WCB/McGraw Hill.

Reymer, D. P. 1989. *Aircraft Design: A Conceptual Approach.* Washington, D.C.: American Institute of Aeronautics and Astronautics.

Reinoldso skaičius [interaktyvus] 2013. [žiūrėta 2013 gruodžio 22 d.]. Prieiga per internetą: <http://lt.wikipedia.org/wiki/wikipedia>

Keywords: RPV, cargo, flying wing, standardized parts.