

TUNING

aneb rozličné prostředky řízení proudění ve službě zvýšení výkonů větroňů (alespoň marginálního)

LUKÁŠ POPELKA, zpracováno na základě podkladů LKPA, VSP, ÚT AV ČR a ČVUT



VSO-10

Větroň VSO-10 je jednomístný cvičný a sportovní větroň. V České republice je k 1. 1. 2009 dle Leteckého rejstříku ÚCL provozováno celkem 142 kusů – 125 větroňů je ve vlastnictví aeroklubů, 17 je soukromých.

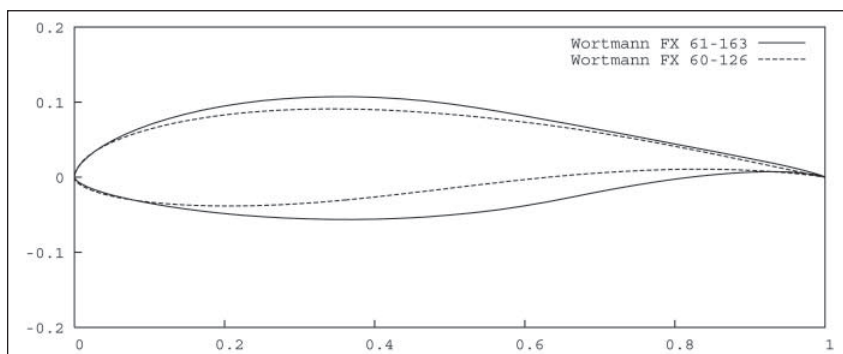
Technický popis

VSO-10 je hornoplošný větroň klasické koncepce se zatahovacím nebo pevným podvozkem (verze C). Křídlo s půdorysem dvojitého lichoběžníku má plochu 12m², geometrickou štihlost 18,75 a je aerodynamicky i geometricky krouceno - kořenový profil je Wortmann FX61-163, koncový FX60-126 (obr. 1). Geometrické zkrou-

cení koncového žebra činí 1,8 stupně. Křídélka poměrné hloubky 25 % mají max. výchylku nahoru 30° a dolů 12°. Ocasní plochy jsou uspořádány do T.VOP se symetrickým profilem NACA 64-009 má plochu 1,37m², SOP plochy 1,01m² je tvořena profilem NACA 64-012. V prvním případě je relativní hloubka kormidla 30 %, v druhém 50 %.

Aerodynamický rozbor

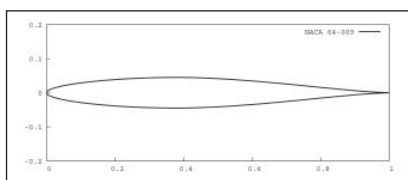
Křídlo je svou profiláží prakticky identické s větroněm ASW 15, jenž byl představen v předcházejícím díle, kde nám výpočty naznačily velký podíl laminární mezní vrstvy podél obrysu a jen malé oblasti místního odtržení (v případě VSO-10 s mírně většími místními hloubkami křídla budou dokonce tyto oblasti ještě menší). Nebudeme se tedy zdržovat s víceméně obdobnými grafy tlakových rozložení a ukažme si výsledky letových a tunelových měření. Zviditelnění proudění pomocí olejového filmu na spodní straně vnitřního lichoběžníku půdorysu potvrdilo výpočtové očekávání, obr. 2. Místní odtržení jako přirozený doprovod přechodu mezní vrstvy do turbulence tu je, ale nemá smysl proti němu bojovat. Obdobné zviditelnění bylo uskutečněno v aerodynamickém tunelu na modelu vytvořeném



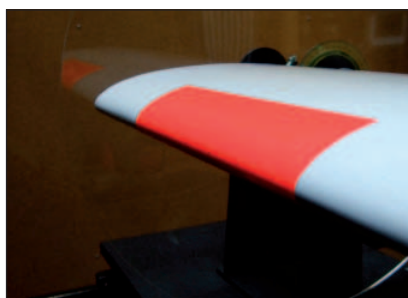
Obr. 1 Tvary profilů Wortmann FX60-126 a FX61-163



ho ze segmentu koncové části křídla vyřazené VSO-10, obr. 3. Oba případy úspěšně vyvrací mýtus, že křídlo výrobní technologie VSO-10 nemůže svým povrchem zaručit dobré podmínky pro laminární obtékání.

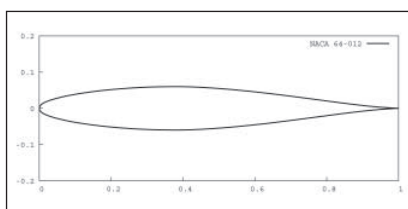


Dostatečné zkroucení křídla zabezpečuje mimořádně příznivé pádové vlastnosti, větroň prakticky není možné uvést do vývrtky. Na pádové rychlosti se jen prosedá, pokles přídě



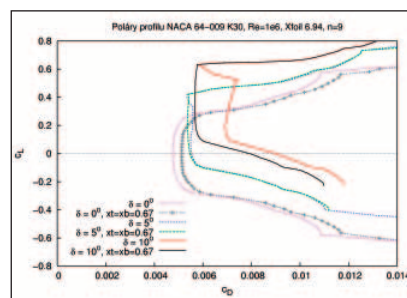
Obr. 3 Instalace modelu v aerodynamickém tunelu 750x550 mm² ČVUT FSI, oranžová fólie na náběžné hraně nese výstupky modelující znečištění

je možné zaznamenat jen na zadní centráži. Tloušťka profilu vodorovné ocasní plochy NACA 64-009, tj. pouhých 9 %, určuje oblast nízkých odporů – pro vypočtené vyvažovací zatížení se ukazuje, že v rozmezí rychlosti



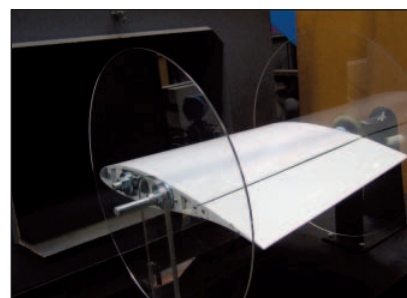
Obr. 5 Tvar profilu NACA 64-012 a vypočtené poláry pro Reynoldsovo číslo Re = 106, přirozený přechod do turbulence a uměle vyvolaný. Xfoil 6.94

letu 80-160 km/h VOP z této oblasti „nevypadne“, což byl zjevně cíl návrhu. V přechodových režimech se však setkáváme opět s místními odtrženími (znovu prostor pro řízení proudění – Zig-zag pásky!) a při ra-

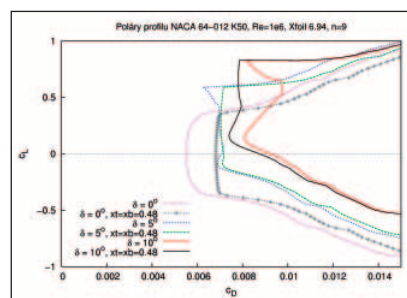


Obr. 4 Tvar profilu NACA 64-009 K30, Re=106, Xfoil 6.94, n=9 a vypočtené poláry pro Reynoldsovo číslo Re = 106, přirozený přechod do turbulence a uměle vyvolaný. Xfoil 6.94

zantnějších změnách úhlu náběhu („nábor“ rychlosti pro přeskok, delfinování) již VOP znatelně brzdí. Rovněž při přerušení navijákového vzletu není navzdory velké ploše VOP

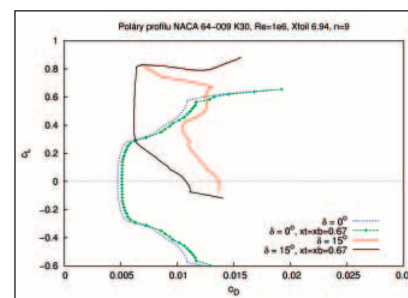


klopivý moment nijak oslňující a je třeba si **vždy** držet rezervu rychlosti. Mírně předběhneme a poláry profilů jak VOP, tak i SOP si ukážeme již s turbulátory, obr. 4 a 5.

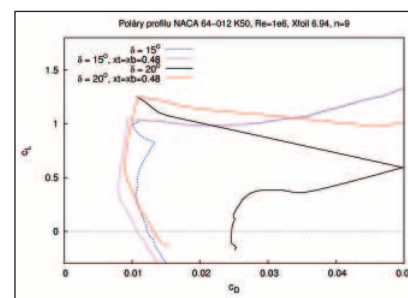


Obr.2 Povrchová vizualizace na spodním obrysu křídla VSO-10C, V = 95 km/h. Laminární a turbulentní mezní vrstva, zóna odtržení podél rozpětí. Obrazec zůstal zachován i po krátkodobém otevření brzdících klapek při přistání

Trup dodnes moderního tvaru, je opatřen děleným štítkem kabiny - přední část vytváří podmínky pro laminární proudění až po odklopnou část překrytu. Nedělený překryt, viz obr. 6, vyžaduje perfektní těsnění a hladkou návaznost, zejména na své přední hraně. Pro podélnou stabilitu je rozhodující úhel seřízení, tj. vzájemný úhel SAT křídla a VOP



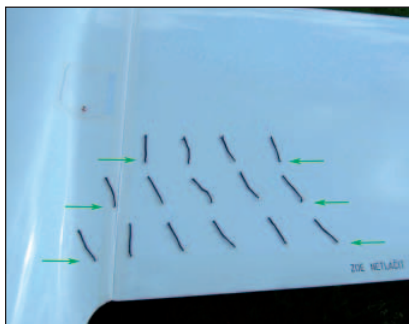
(zde 2°), pro každou rychlost letu se křídlo ustaví do určitého úhlu náběhu, vnímaného z kabiny spíše jako úhel trupu vůči horizontu. Úhel nastavení křídla vůči trupu je nezvykle velký (4°), VSO-10 pak tedy v důsledku toho na přeskoku letí s přídí poměrně hluboko pod horizontem, v kroužení pak „natažení“ nad horizont obvykle znamená nemilé odbrždění. První, samozřejmá otázka je tedy: proč? a zároveň s jejím zodpovězením se dostáváme k popisu funkce přechodu křídlo trup. Ta byla dobře zmapována pomocí zviditelnění vláknem, jejichž rozmístění zřídka na obr. 7. Od kroužení na 80 km/h s náklonem 20° až do přeskokové rychlosti 140 km/h je proudění přímknuté a tato geometrie tedy funguje výborně; vyšší rychlosti již nebyly zkoušeny, není žádný důvod, aby se tam cokoliv měnilo. Velké úhly náběhu, prováděné vysokou klesací rychlostí, se v kabině projevují zřetelným syčením, které se „spouští“ s odtržením na kořeni křídla (cca 75 km/h IAS, příčný náklon 30°). Tato nápoověda umožňuje kroužit





Obr. 6 Řešení štítku kabiny, tvar trupu a úhel nastavení křídla vůči němu

efektivně a dobře využít stoupání. VSO-10 lze udržet v zatáčce i s plně dotaženou řídicí pákou, větroň na nepřirozený režim upozor-



Obr. 7 Přechod křídlo-trupu, rastr bavlněných vláken – linie jejich přilepení je zvýrazněna šipkami. Zviditelnění proudění: nahoře přímknuté, $V = 140 \text{ km/h IAS}$, dole odtržené při přetažení, $V = 75 \text{ km/h IAS}$, $\varphi = 30^\circ$

ňuje všemi žádoucími prostředky (zejména otřesy od VOP zasažené odtrženým proudem z křídla jsou impozantní) a varia indikují, že jen stoupák australských kvalit by zajistil nějakou kladnou vertikální rychlost.

Utěsnění kořenových žebek páskami by snad ani neměl být „tunning“, ale standardní stav (už s ohledem na hluk v kabině, který pak připomíná rozzuřený vysavač). Jejich absence má děsivý vliv na výkonnost větroně, dle měření poláry pak VSO-10C dosahuje max. klouzavosti jen 1:29,5! a v kroužení je opadání na úrovni Blanika ve dvojím obsazení!

Foto autor, Milan Matějka, Jan Rensa a Karel Beneš, Výkres Jiří Hodan

Instalace Zig-zag pásek

Provedený rozbor ukázal možnost zlepšit odporové vlastnosti ocasních ploch pomocí turbulátorů. Možné provedení instalace je uvedeno na obr. 8, přesná specifikace bude dle dohody AeČR s výrobcem řešena prostřednictvím doporučeného bulletinu.

VSO-10 – srovnání s jinými typy a další možnosti úprav

Kombinace profilů křídla FX61+FX60 v době vzniku VSO-10 odpovídala nejvýkonnějšímu větroni standardní třídy FAI, ASW 19, půdorys křídla v podobě dvojitého lichoběžníka si podržel hegemonii až do nástupu Discuse (ostatně větroně LS jej u LS8 drží dodnes). Přímou náběžnou hranu pak „neklapkové“ větroně DG používaly až do typu DG300. Úhel nastavení křídla je ve srovnání s těmito závodními větroni neobvykle velký, ale umožňuje nízkou rychlost dosednutí bez neúměrného zvýšení nosné plochy s daleko větší „daní“ na výkonech (nižší plošné zatížení, nižší geometrická štíhlost ► vyšší indukovaný odpor). Časté srovnávání se staršími standardními větroni, např. Std. Cirrus, ASW 15/19, Jantar a LS1, dříve špičkovými vysokovýkonnými větroni je zavádějící, VSO-10 náleží do společnosti typů Astir, ASK 23 a SZD-51.1 Junior, jejichž poláry naleznete na obr. 9. Posouzením srovnatelných užitečných vlastností a značně odlišných pořizovacích cen je VSO-10 stále atraktivní „první jednose-dadlovkou“.

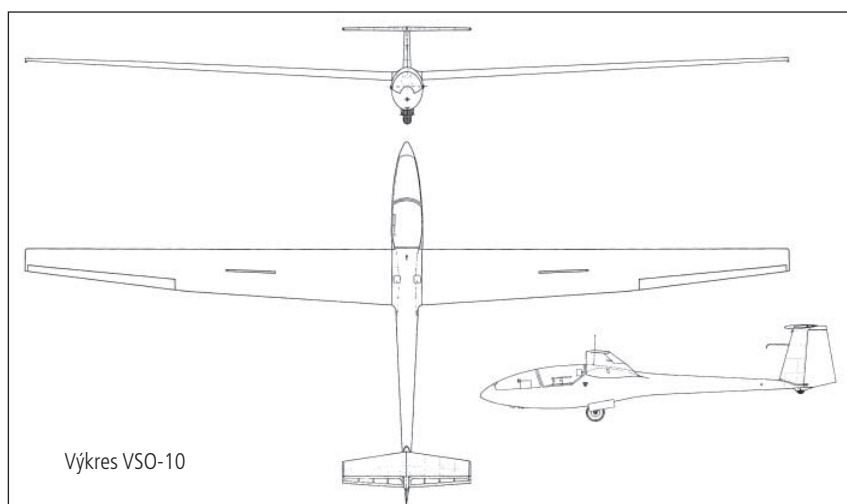


Další možnosti

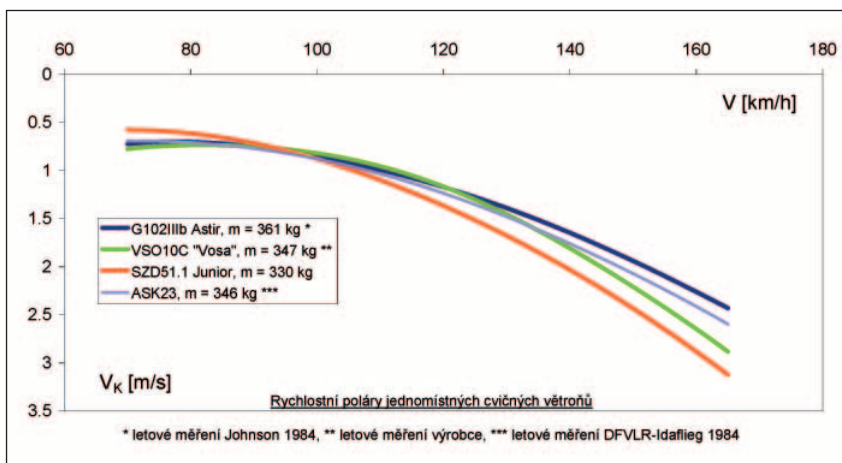
Tunelové měření, zmiňované v rozboru aerodynamiky VSO-10, bylo motivováno poměrně nízkou účinností příčného řízení při úvodní fázi rozjezdu větroně při aerovleku. Jako kritické bylo shledáno křídélko vychýlené nahoru. Byl proveden výpočet profilového obtéká-



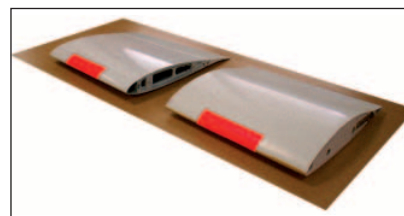
Obr. 8 Zig-zag pásky na VOP a SOP; Mylar fólie je použita jen na utěsnění směrového kormidla, v případě výškového by i při malé vychýlce vytvářela novou šterbinu



Výkres VSO-10



Obr. 9 Rychlostní poláry jednomístných klubových větroňů



Obr. 11 Tunelové modely profilů o rozpětí 485 mm, zhora: FX60-126, HQ10_16.42, FX71-L-150, NACA64-009



Obr. 10 Aerodynamický tunel 865x485 mm² UT AV ČR, měřicí prostor pro profily (2008)

ní programem Xfoil, určující, že mezní vrstva na spodní straně se může udržet laminární až ke křídélku, kde se odtrhne. Tento předpoklad byl ověřen v aerodynamickém tunelu ČVUT ($Re = 3 \cdot 10^5$, $\alpha = 5^\circ$). Reálnou změnu součinitele vzlaku a vhodné umístění turbulátoru je možné určit jen měřeními, které je připravováno v aerodynamickém tunelu Ústavu termomechaniky Akademie věd, obr. 10.

Pro přímé srovnání je od firmy HPH k dispozici rovněž segment křídla s křídélkem, vyrobený ve formách typu HPH 304C.

Co se týká vodorovné ocasní plochy, současné řešení splňuje požadavek nízké dynamiky větroně, vhodné pro cvičný stroj. Pro zlepšení výkonů a zachování podélné stability se nabízí řešení převzít VOP z typu Discus s profilem FX71-L-150. Zejména pro zmapování mezních stavů (max. výchylky výškového kormidla, velké úhly náběhu) je k dispozici tunelový model profilu NACA 64-009 a opět ve formách typu HPH304C segment VOP (profil FX71), obr. 11. Vzhledem k důležitosti typu VSO-10 pro aerokluby v ČR je pokračování těchto aktivit iniciováno a podpořeno AeČR. ■

Komiks na konec

