

# TUNING

## aneb rozličné prostředky řízení proudění ve službě zvýšení výkonů větroňů



Předchozí díl o aerodynamice větroně VSO-10 jsme věnovali prověření funkce profilů křídla, křídlu bez výchylek křidélek a obtékání přechodu křídlo-trup. Rozbor jsme uzavřeli možnostmi zlepšení odporových vlastností ocasních ploch. Výpočty novými metodami, uskutečněná měření v aerodynamickém tunelu a za letu nám umožňují lepší poznání obtékání tohoto cvičného větroně.

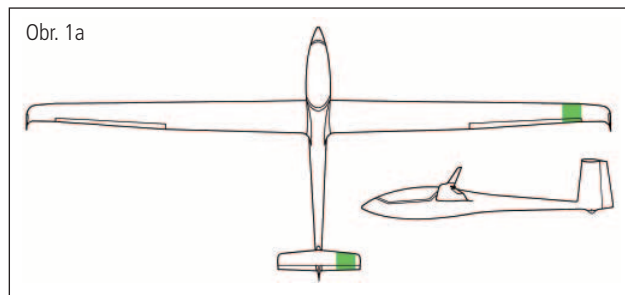
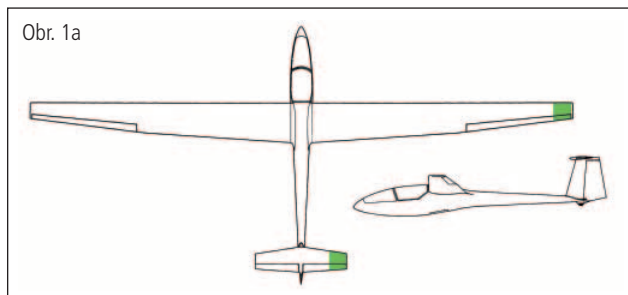
### Výpočtové programy a metody měření

Je až překvapující, že některé velice kvalitní a spolehlivé výpočtové programy jsou volně dostupné: pro profily je jím Xfoil amerických autorů Marka Drela a Thomase Youngrena, modelování křídla umožňuje XFRL5 Francouzů André Deperrois a Matthieu Scherrera (člena OSTIV). Ku měření v cirkulačním aerodynamickém tunelu Ústavu termomechaniky Akademie věd ČR byl použit model 1:1 z koncové části kří-

dla VSO-10 s křídélkem (obr. 1a), jakož i profilu VOP s výškovým kormidlem. Pro srovnání byly firmou HPH poskytnuty modely vyrobené v negativních formách stejných částí draku HPH304C (obr. 1b), bytše tento typ nejmmodernějším českým klubovým větroněm. Letové ověření zaměřené na odezvu příčného řízení spočívalo v měření času přechodu z ustálené zatáčky náklonu 45° do opačné při 80km/h IAS, uskutečněné na VSO-10C OK-0530 Aeroklubu Polička.

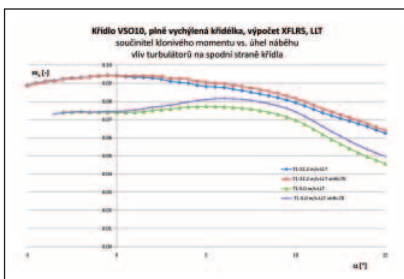
### Účinnost křidélek při vzletu a v kroužení

Rozjezd větroně v aerovleku je poměrně dlouhá fáze vzletu a při ní je zásadní dobrá funkce příčného řízení. Důležitost dále narůstá, je-li větroň prvním jednosedadlovým typem, přesně jak v našich aeroklubech působí VSO-10. Pilot s relativně malým náletem očekává stejnou účinnost kormidel jako u dvousedadlovky, a to i při nízkých rychlostech.



Obr. 1a/b Výkresy větroňů VSO-10 a HPH304C, zeleně vyznačeny předlohy pro tunelové modely

Obr. 2 Start VSO-10C v aerovleku s bočním větrem, plná výchylka křídélek



Obr. 3 Účinnost příčného řízení VSO-10, vliv turbulátorů před křídélky, výpočet XFRLS

Co se týká vzletu na navijáku, akcelerace na zemi je velmi dobrá (i při použití tak slabého stroje jakým je H4) a nebezpečí zachycení koncem křídla je malé.

Jak jsme si řekli v prvním díle, na vnějším lichoběžníku křídla přechází profil Wortmann FX61-163 do koncového FX60-126. Tento profil nabízel vyšší maximální součinitel vztlaku než ostatní laminární profily (jakými je i řada FX61), a proto byl velice často konstruktéry používán, od let sedesátých až do počátku osmdesátých. Je-li větroň obtékán symetricky (let bez vybočení, bez výchylek klapek/křídélek), při vyšších úhlech náběhu pak začíná odtržení na střední části křídla, tj. mimo křídélka. Větší výchylky křídélka způsobují nárůst odporu profilu FX60-126, s větším rozsahem odtržení je ovlivněn i vztlak. Na spodní straně nahoru vychýleného křídélka může dojít k laminárnímu odtržení. Převedeme-li mezní vrstvu do turbulence ještě před náběžnou hranou křídélka, můžeme zvýšit účinnost příčného řízení. K tomuto poznatku nás dovedly výpočty, ukazující nárůst klonivého momentu o cca 2,5 % při 80 km/h IAS (~ kroužení) a cca 6 % při 5 m/s (odhad okamžiku, kdy konce křídél již nevedou pomocníci a rychlost ještě není dostatečná), viz též obr. 3.

Obr. 4a/b Tunelové modely segmentů konců křídla VSO-10 a HPH304C, rozpětí 485 mm



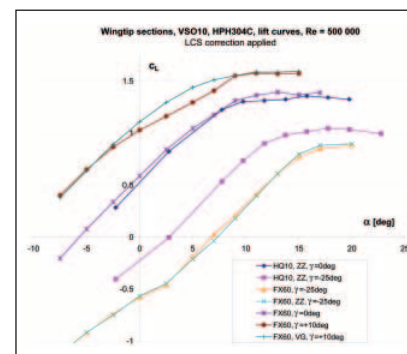
Ověření výpočtů bylo uskutečněno následným měřením v aerodynamickém tunelu, uložení modelů je patrné z obr. 4. Na spodní straně segmentu křídla byla použita obvyklá turbulizační páska Zig-Zag výšky 0,5 mm a vrcholovým úhlem výstupků 60°.

Průběh vztlakových čar při odpovídajícím Reynoldsově čísle a výchylce 25° nahoru byl potvrzen, obr. 5.

Umístění turbulátoru 3 %  $x/c^*$  před křídélko vede k mírnému snížení součinitele vztlaku (posun žadáním směrem) při úhlu náběhu  $\alpha = 7^\circ$  (také odpovídá našemu zadání).

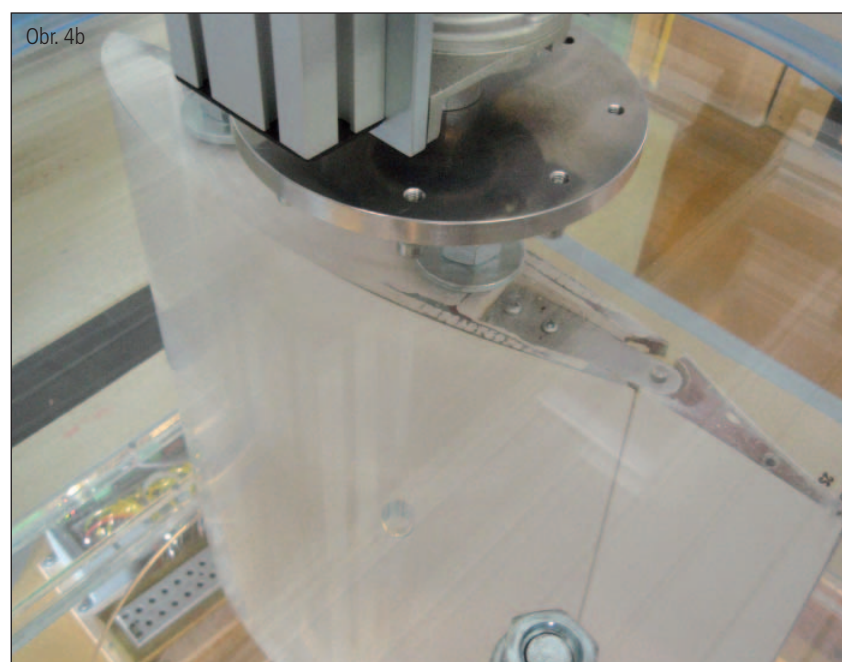
S nemalým potěšením se totéž potvrdilo i za letu, snížením času přechodového manévru z 3.66 s na 3.50 s – jde sice „jen“ o málo více

než 4 %, ale jak již víme, při rozjezdu během vzletu je zlepšení markantnější. Odvrátí-li tato změna zachycení koncem křídla a případné poškození větroňe, dokonce zranění letce či letkyně, mělo naše snažení smysl.

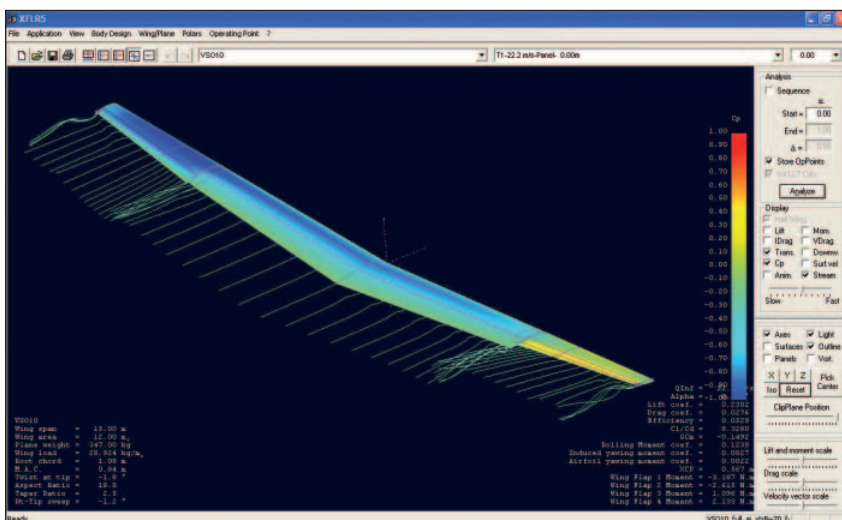
Obr. 5 Vztlakové čáry koncových profilů křídla, měření v aerodynamickém tunelu 865x485 mm<sup>2</sup> ÚT AV ČR (ZZ – turbulátory, VG – vírové generátory)

Každopádně lze říci, že měření času docela úspěšně vyvrací rozšířený hanlivý mýtus, tvrdící že „Vosa je tupá na balančky“.

Výpočty nám umožňují posoudit i radu zkušených plachtařů, jistě hodnou následování, a to naučit se větroň řídit co nejméně zásahy



## Z PRAXE



Obr. 6 Panel programu XFLR5, výpočet křídla s plnou výchylkou křidélek, barevné zobrazení pole tlakového součinitele  $c_p$  a proudnic za odtokovou hranou

do kormidel. Zatímco je aerodynamická jemnost (klouzavost) samotného křídla VSO-10  $K = 40.5$  při 80 km/h, s plnými křidélky klesá na  $K = 8.3!$  Není pak výjimkou, že „přeřízená“ Vosa pak odmítne pokračovat ve stoupání.



Obr. 7 Virové generátory na horní straně tunelového modelu

Větroň ASW 19 používá na svém křídle stejnou kombinaci profilů jako VSO-10. Během vývoje ASW 19X prof. Loek Boermans poukázal, že v kroužení dochází na křídélku skloněném dolů k odtržení. Pro změnu jde o odtržení již turbulentní mezní vrstvy a té pouhé „postrčení“ od tenké turbulizační pásky nestačí. Z probíhajícího vědeckého výzkumu v ÚT AV ČR

byly převzaty deskové vírové generátory výšky 3 mm a umístěny na tunelový model 7 %  $x/c$  před hranu křídélka, obr. 7.

Nárůst součinitele vztlaku je významný, viz obr. 5 – horní větve vztlakových čar. Z jiných měření lze odvodit, že za toto zlepšení účinnosti křidélek by se „zaplatilo“ na klouzavosti větroně, ostatně i tento tvar by nebyl v provozu praktický. Jistě ale jde o zajímavou možnost a s jiným tvarem a velikostí vírových generátorů by bylo možné odstranit zmiňovaný negativní efekt.

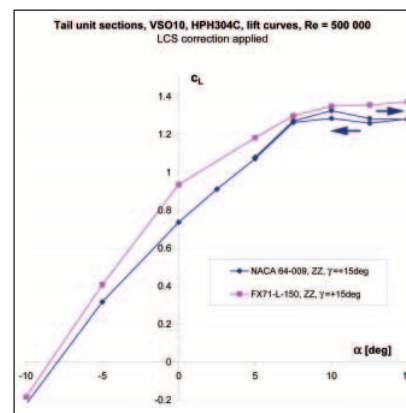
### Funkce VOP při vysokých úhlech náběhu

VSO-10 se vyznačuje velmi tenkým profilem vodorovné ocasní plochy, jeho relativní tloušťka je pouhých 9 %. Dosahuje tak nízkých odporů, ovšem v poměrně úzkém rozmezí součinitelů vztlaku. Další obvyklou vlastností podobných profilů je nízký maximální součinitel vztlaku  $c_{Lmax}$ . S průběhem vztlakové čáry se také může vázat tzv. hystereze: přejde-li úhel náběhu přes hodnotu odpovídající  $c_{Lmax}$ , je proudění odtržené prakticky ihned za náběžnou hranou. Až významné snížení úhlu náběhu vede k přilnutí mezní vrstvy, mezitím však profil

poskytuje dosti nižší vztlak (vztlaková čára se nevrací „stejnou cestou“).

K velkým úhlům náběhu na navijáku; pro převedení větroně do klouzavého letu je zapotřebí vyvodit dostatečný klopivý moment.

Byly tedy opět odměřeny vztlakové čáry; dlužno podotknout že jak profil NACA64-009 (VSO-10), tak i FX71-L-150K25 (HPH304C) byl vybaven turbulátory 3%  $x/c$  před hranou klapky pro snížení součinitele odporu. Získané průběhy, jenž zříme na obr. 8 jsou potě-



Obr. 8 Vztlakové čáry profilů VOP, měření v aerodynamickém tunelu 865x485 mm<sup>2</sup> ÚT AV ČR

šující: i když tenčí profil poskytuje poněkud nižší vztlak při malých úhlech náběhu,  $c_{Lmax}$  je srovnatelné a navíc hystereze je malá.

Toto poznání by nás však nemělo ukolébat a během vzletu na navijáku je třeba si držet dostatek rychlosti pro bezpečný manévř, stejně jako u všech jiných typů větroňů. Navijáky se v ČR létají opravdu málo a stojí tedy určitě za připomenutí, že právě tento druh vzletu lze bezpečně přerušit v každé fázi.

Mnoho bezpečných startů a krásných cvičných i termických letů s VSO-10!

Experiment ÚT AV ČR: Lukáš Popelka, Natálie Součková, Milan Matějka, David Šimurda, Lubor Zelený; měření v aerodynamickém tunelu bylo podpořeno projekty MŠMT 1M06031 a GA ČR 101/08/1112. ■

Poznámky:

\* délce vztahované na místní hloubku



Foto H. Mořkovský, K. Beneš, L. Popelka – Aeroklub Polička