

## Něco málo o aerodynamice

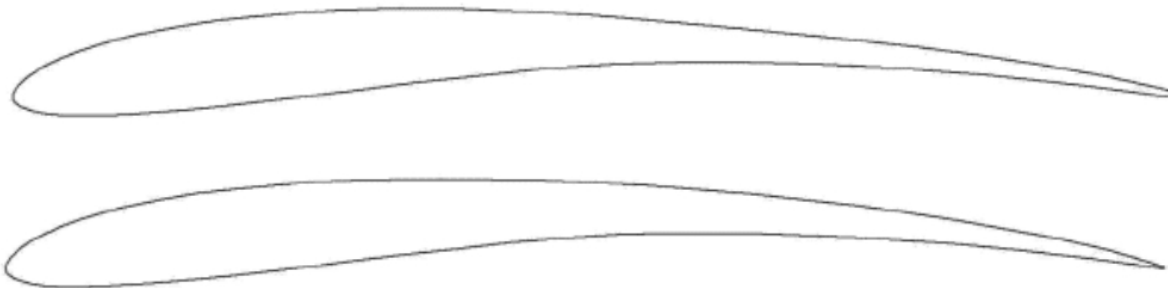
Jedná se o výtah z článku, který byl uveřejněn Jurijem Avdějevem 17. dubna 2013 na webu [www.flu.org](http://www.flu.org) ( FreeFlightUkraine <sup>/1</sup>). Původně jsem udělal překlad celého článku. Jeho rozsah byl ale značně velký, především díky grafům a obrázkům. Proto jsem text následně zkrátil a zde předkládám jen to nejdůležitější. Celý znění je uvedeno na mém webu. V článku Jurij Avdějev uvádí výsledky práce provedené skupinou nadšenců v laboratořích Charkovské státní aerokosmické university.

Jak autor uvádí, je všeobecně známým faktem, že míček pro golf, který má na svém povrchu tak zvané „umělé zdrsnění“ <sup>/2</sup> zaletí daleko dál, než hladký. Tento jev nenechával klidným ne jen jeho. Spolupracovníci CHAI <sup>/3</sup> mu umožnili provést několik měření v aerodynamickém tunelu. Osobně děkuje vedoucímu katedry aero-hydrodynamiky Čmovž Vitaliji Vitalijeviči <sup>/4</sup> za podporu a kvalifikovanou pomoc.

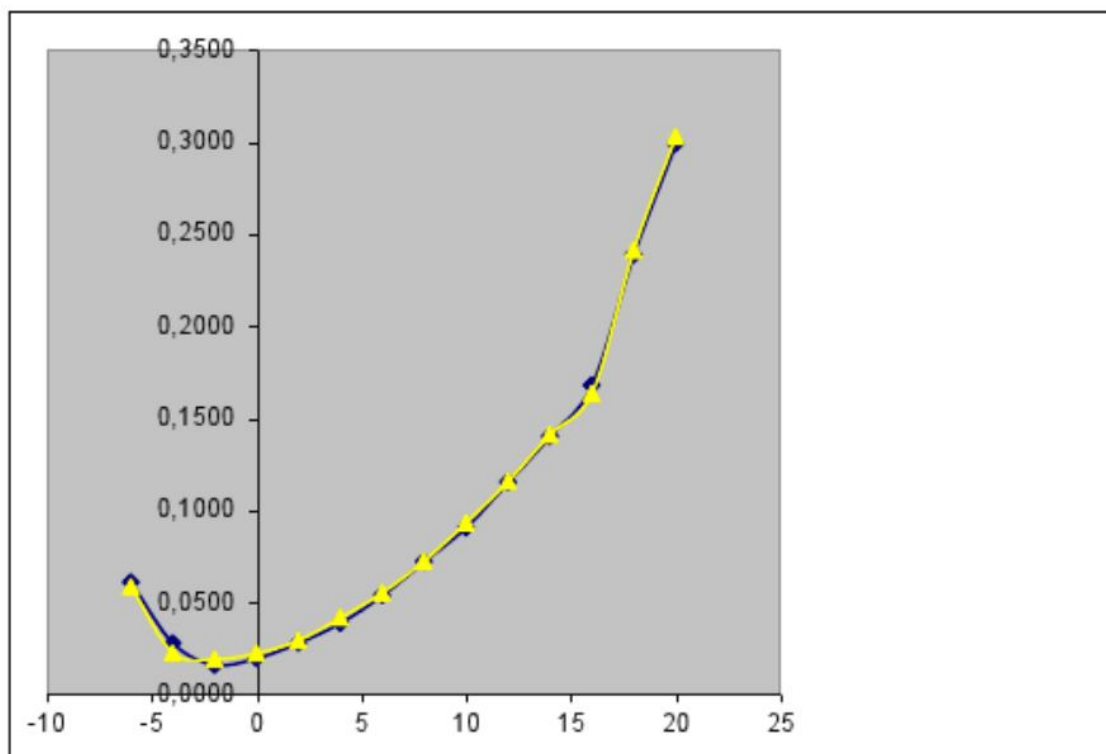
Na samém začátku naivně předpokládali, že zvětšení doletu způsobuje snížení odporu. Proto aby potvrdili nebo zavrhlí tuto verzi, byly vyrobeny dvě makety křídla se stejnými profily ale odlišným reliéfem povrchu – jeden hladký a druhý zdrsněný shora i ze spodu. K pokusům byl vybrán profil od existujícího modelu s charakteristikou 6457, předložený v roce 1981 Viktorem Isajenkem.



Pro vizuální srovnání níže uvedeny profily Makarova – Kočkareva a Benedeka 6356b. Nepřesnosti jsou způsobeny okopírováním z „trofejní šablony“.



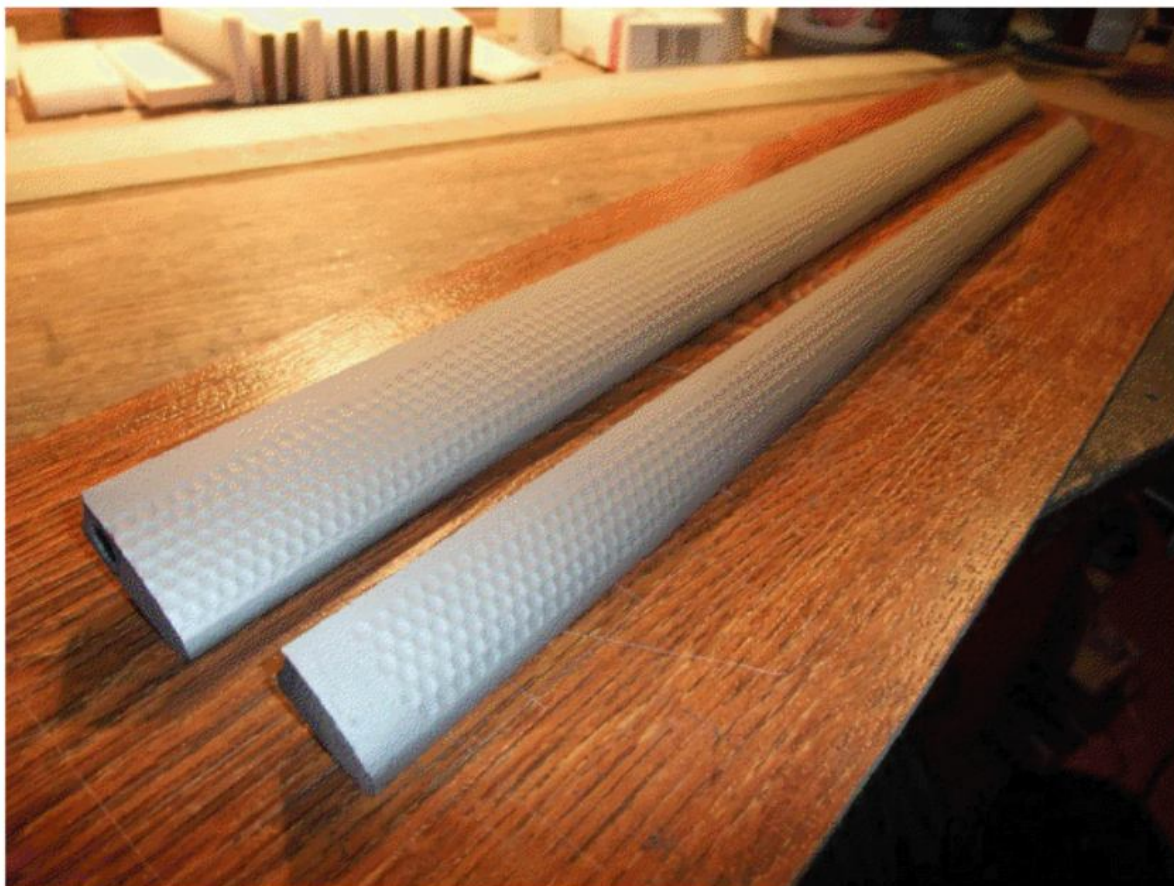
Proti našim očekáváním však žádné viditelné změny odporu nebyly zaznamenány. Viz graf na obr. 1



Obr.1 Graf závislosti čelního odporu na úhlu náběhu.

Zdrsněný povrch ale ukázal zvětšení koeficientu vztlakové síly  $C_y$  na malých rychlostech ( $V=3-5$  m/sek). Autor sám tyto formulace uvádí jako ne úplně korektní a vědecké. Sám se rozhodl záměrně vyhýbat takovým termínům, jako je Reynoldsovo číslo a další. Dále uvádí: *Vitalit Vitalijevič trval na dalších experimentech. Vznikl předpoklad, že „umělé zdrsnění“ pracuje v režimu turbulátoru. Zdálo by se: co je jednodušší? Přilepit turbulátor na již získaný hladký povrch a srovnat se zdrsněným. Tady hledejme odpovědi na vaše otázky. Ale nebylo to tak. Znovu ZLOM! Žádná reakce na vlastnosti turbulátoru. Mávnul jsem rukou: „Dělejte co chcete“ (začla sezóna). V tomto momentě k práci aktivně přistoupili studenti (následuje jim splátme dluh) a ne bezvýsledně. Jedno překrásné letní ráno se rozezvoní telefon a říkají mně: „ Chlapci! A turbulátor nelepíte vždy stejný a ne vždy na stejné místo. A přesněji pokaždé JINAM“.* Mládežníci odvedli seriózní práci při rozboru geometrie a polohy umístění turbulátoru na křídle. Ukazuje se, že většina turbulátorů, které vidíme na letištích, prostě nepracují a jsou přilepeny, více méně, jak je dáno tradicí nebo pro uspokojení duše. ***Efektivním (pro daný profil) se ukázal turbulátor, umístěný 7% od náběžné hrany křídla., který má pravouhlej průřez, tloušťky 0,6 mm. Přičemž tloušťka a umístění na povrchu je velmi kritické. Při tloušťce 0,5 většinou „mizí“. Při 0,7 začíná narůstat odpor. (To je očividně svázané z tloušťkou mezní vrstvy). Ale to je jen můj dohad. Posun od hrany více jak o 1% (to je 1,5mm v kořenové části křídla), také vede k plné ztrátě efektivity. Tato rčení je ale také nekorektní. Turbulátor jednou „JE“, jednou „NENÍ“. Toto všechno ovšem neznamená, že turbulátor není nutný. Na druhé straně: výsledkem dlouholetého tvůrčího přístupu je zvětšení kritického úhlu náběhu zkoumaného křídla na 7% což s sebou přineslo zvětšení  $C_{y(max)}$  téměř na stejnou hodnotu.***

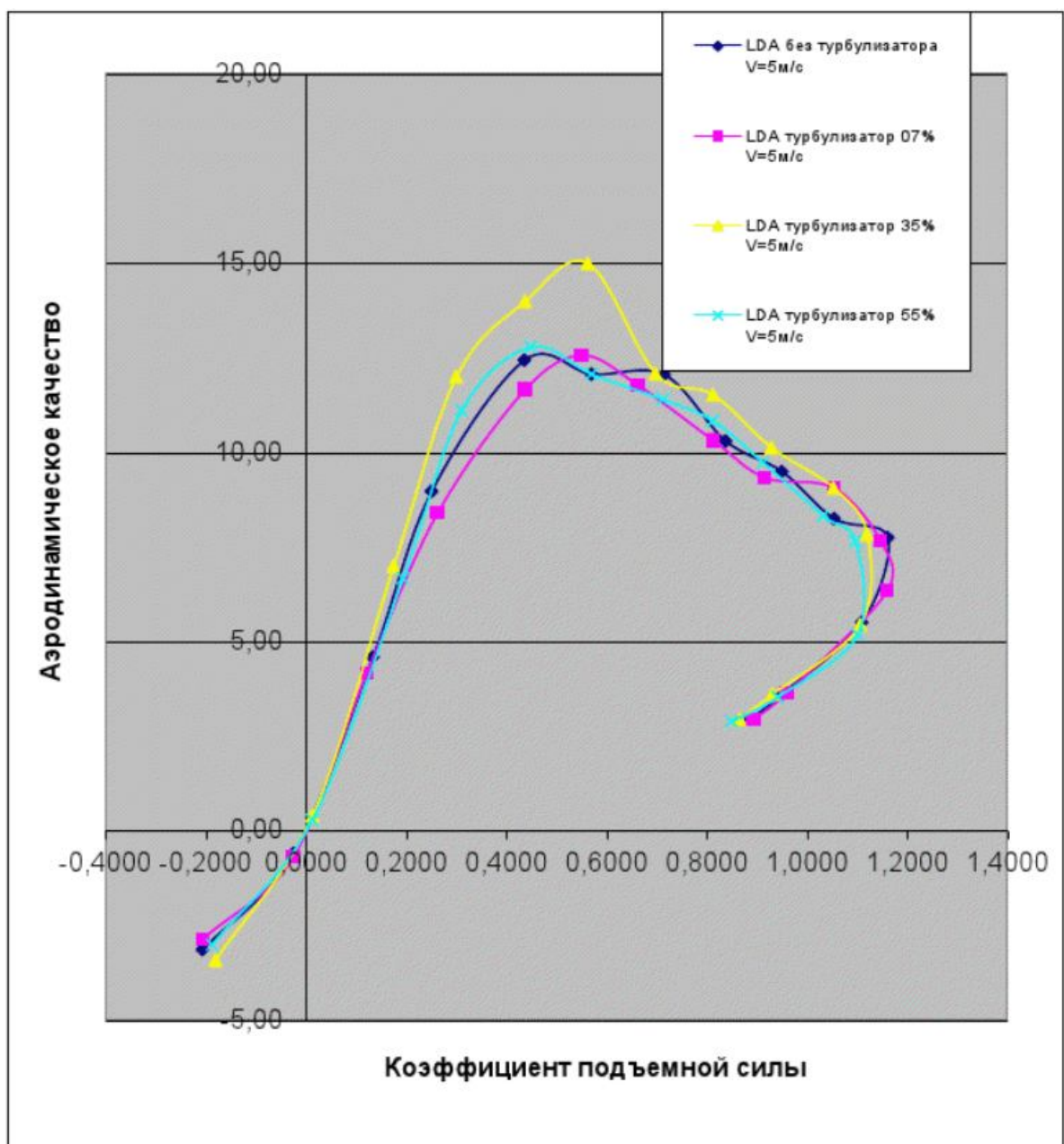
*Nastal čas srovnat toto všechno se zdrsněným křídlem. Neuvěřitelné! Zdrsněné křídlo zvětšuje kritický úhel náběhu na 12%. (A to při úplné ztrátě „tvůrčího hledání“). Bylo vyrobeno „měkké“ křídlo se zdrsněním jen na přední části křídla (do nosníku). Výsledek stejný. To znatelně zjednodušuje konstrukci a stavby modelu. Zadání vede ke zhotovení zdrsněného D-boxu. Viz. obr. 2 a 3*



Obr.2 D-box s „umělým zdrsňením typu „golfový míček“. Následná konstrukce tak může být nadále tradiční, (žebra, potah atd.).



Obr.3 D-box s „umělým zdrsňením typu „golfový míček“.



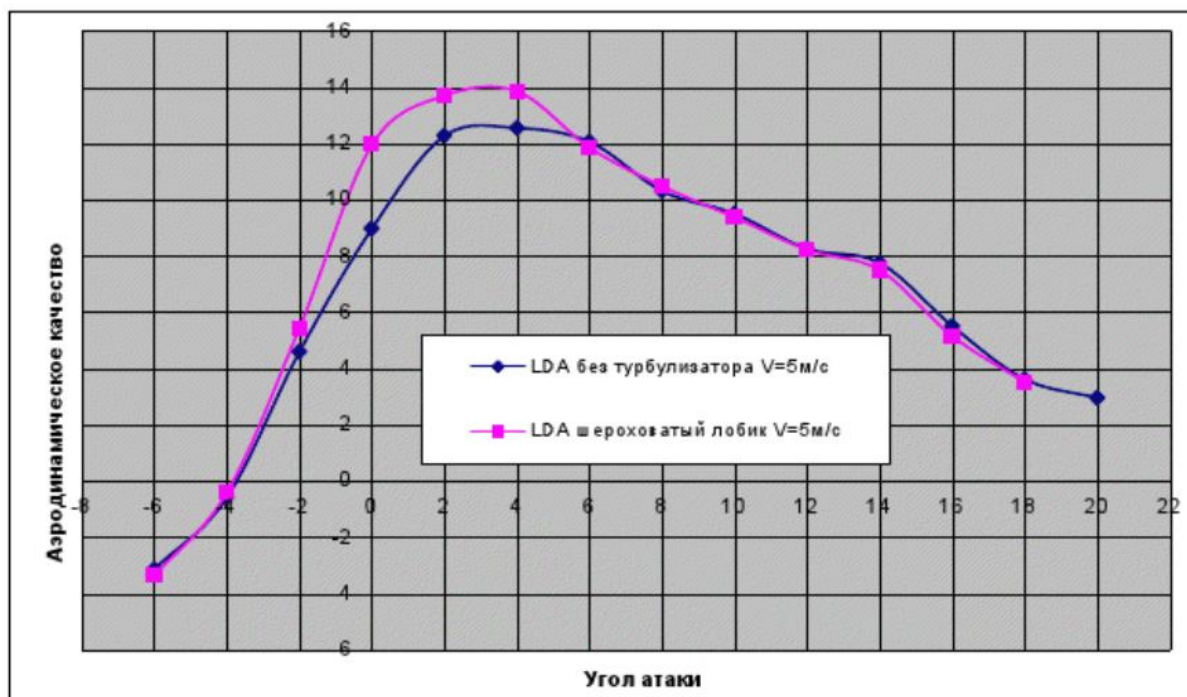
Obr. 4 Graf závislosti aerodynamické kvality - jemnosti<sup>16</sup> na koeficientu vztlačové síly.

Modrá křivka - LDA bez turbulátoru V = 5 m/sek

Fialová křivka - LDA turbulátor 7% V = 5 m/sek

Žlutá křivka - LDA turbulátor 35% V = 5 m/sek

Azurová křivka - LDA turbulátor 55% V = 5 m/sek



Obr. 5 Graf závislosti aerodynamické kvality – jemnosti <sup>16</sup> na úhlu náběhu.  
 Modrá křivka - LDA bez turbulátoru V = 5 m/sek  
 Fialová křivka - LDA zdrsněná náběžná část V = 5 m/sek

Ne méně zajímavými se ukázali experimenty se sledováním vlivu odtokové hrany na aerodynamické vlastnosti. Všeobecně tato otázka nevyvolává žádné rozpory (samozřejmě – ostrá odtoková hrana je lepší!). Ale díky ustáleným konstrukčním zvyklostem zavíráme oči, podle našeho názoru, nad těmito drobnými momenty. Je nutné si připustit, že takový cíl si ze začátku nikdo nedával. Téma vzniklo, můžeme říci, příležitostně. Prostě v procesu zaformování tvrdé makety byla udělána malá vada (defekt na potahu). Bylo nutné udělat druhý. Zmetkový model bylo líto vyhodit, technologický přetok na odtokové hraně nikdo ani neměřil. Takže se maketa válela na stole tak dlouho, pokud výzkumného vedoucího nenapadlo jej ofouknout. Já jsem se vzbouřil proti zbytečné práci: „Přeci na modelech všeobecně přijímané konstrukce (a takových je nejvíce) nikdo takové odtokové hrany dělat nebude, protože realizovat je, je velmi konstrukčně složité“. Protichůdné stanoviska vyřešil soutěžící z Ruska Gerigorij Gorbač, který se nečekaně rozhodl udělat model na gumový pohon s ostrými odtokovými hranami. Rozhodli se provést měření, snad jen pro to, aby se ubezpečili o účelnosti této myšlenky. Výsledek, měkce řečeno, znamenal: lehký šok, oněmění a hrobové mlčení. **Rozdíl v čelním odporu dvou absolutně stejných modelů (s klasickým profilem) lišících se jen různými odtokovými hranami (0,6 a 0,1 mm) udělal 11% na rychlosti 25 m/sek. V případě LDA tento rozdíl byl 28%. To je jasné: profily LDA mají čelní odpor mnohem menším, než profily klasické série. Odpor základní části obtékaného předmětu málo závisí na jeho tvaru. V našem případě, jak vidíme, závisí jen na tloušťce zadní hrany a ozpětí křídla, a v prvním přiblížení je možné toto považovat za konstantní veličinu. Proto i její podíl, v případě obtékání předmětu, obdařeného menším odporem, je natolik veliký.**

Nutno poznamenat, že několik modelů se všemi těmito inovacemi je již vyrobeno a prochází letovými zkouškami. K velké mojí lítosti model křestního otce ostrých odtokových hran uletěl v únoru z důvodů zastavení časovače. V září 2012 dělal zkoušky modelu s gumovým pohonem člen Ukrajinského družstva Igor Vivčar. Ve stavu výroby je motorový model Olega Griškova (rozkládací křídlo a uměleckým zvrásněním a ostrou dotokovou hranou). Větroň vyrábí soutěžící z Ruska Jeonid Anochin. Větroň s uměleckým zvrásněním člena Ukrajinského

*družstva Vysiluje Bezúčastného létal v únoru tohoto roku na Americkém poháru. Začátkem sezóny budou mít zvrásněné LDA s osrtou odtokovou hranou Ukrajinci: Alexandr Trofimenko, Oleg Pšeničným a Viktor Čigir. Probíhají práce na konstrukci F1H, F1P, F1B pro juniorské družstvo Ukrajiny pod vedením trenéra Mozirského V.R.*

Tolik tedy autor. Pokud na závěr shrnu uvedené skutečnosti, jsou pro naše použití velmi důležité tři aspekty. Především poznatek o umístění turbulátoru a jeho velikosti. Upozorňuji na doporučení, kdy má být umístěn 7% od náběžné hrany, pravouhlého tvaru a jeho velikost má být 0,6 mm. Pro snížení čelního odporu modelu jsou velmi důležité ostré odtokové hrany křídla a všech ploch na modelu. D-box s povrchem typu „golfový míček“ má své opodstatnění ve zlepšení aerodynamických vlastností křídla. Celý článek je doplněn dalšími grafy o závislosti vztahové síly na úhlu náběhu různých profilů křídla při různých rychlostech a bez nebo s použitým turbulátorem. Na závěr bych chtěl ještě dodat, že do diskuse k tomuto článku přojil i svůj příspěvek Leonid Fuzejev se strohostí jemu vlastní. Uvedl jen „Děkuji“. Uvidíme jak tedy budou vypadat jeho příští modely.

Ing. Pavel Kroča

Pozn.:

- <sup>/1</sup> Na uvedeném webu jsou všechny fotky a grafy v původní kvalitě. Kvalita obrázků je dána možnostmi stažení z webu.
- <sup>/2</sup> Temín „umělé zdrsnění“ budu používat i nadále protože jsem nenašel jiný vhodnější překlad.
- <sup>/3</sup> CHAI – zřejmě „Charkovský letecký ústav“ Nikolaje Jegoroviče Žukovského
- <sup>/4</sup> Vitalij Vitalijevič Čmovž - jméno vedoucího katedry, pochází z ukrajinského výrazu pro česání lnu
- <sup>/5</sup> LDA – co znamená tato zkratka se mi ani u autora nepodařilo zjistit.
- <sup>/6</sup> Aerodynamická jemnost - je poměr součinitele vztlaku  $C_y$  a součinitele odporu  $C_x$