



## 12. díl – FlexFoil aneb učiní tvarovatelné křídlo mechanizací křídla zbytečnou?

Při pohledu na křídla zejména dopravních letadel nás může zaujmout, jak složitá je jejich mechanizace. Z kolika pohyblivých a posuvných částí se skládají a jak komplikované mechanismy se uvnitř nich nacházejí. Velmi dobře je to patrné během přistání, kdy se pohybuje mechanismus na náběžné hraně, na odtokové hraně, či se vyklápí plochy na povrchu křídla. Pokud máte to štěstí, že sedíte v jeho blízkosti, můžete vidět nejen dovnitř, ale dokonce i skrze něj. Kromě toho, že je takové křídlo poměrně dost složitým systémem, takže je i náročným na údržbu, tak především mezera mezi křídlem a klapkou vede k nárustu indukovaného odporu, takže let je v dané chvíli i méně efektivní. Odstranění těchto neduhů si klade za cíl systém nazvaný FlexFoil.

Tvarovatelné křídlo, jak bychom mohli systém FlexFoil nazvat, vyvíjí firma FlexSys, kterou v roce 2001 založil profesor strojního inženýrství Michiganské univerzity Sridhar Kota. Založena byla za účelem dalšího rozvíjení jím patentovaného systému poddajných mechanismů a struktur, aby bylo možné uvést na trh produkty využívající tohoto řešení. A nejde jen o použití v leteckém průmyslu, ale například i automobilovém průmyslu či v průmyslu energetickém, kde poddajné struktury nacházejí uplatnění v oblasti větrných elektráren.

Takzvané poddajné struktury jsou jednoduché mechanismy, které nemají žádná kloubová spojení, přičemž k dosažení požadovaných výstupů a funkcí využívají elastických vlastností materiálu. Takový pružný materiál je do žádoucích tvarů a poloh uváděn prostřednictvím pohonu, který může mít mnoho podob, od elektromagnetického až po piezoelektrický. Pohonu pak stačí deformovat či vychylovat pouze malou část, a díky pružnosti materiálu dochází k přenosu této výchylky na další části, kde vlivem důmyslnému řešení dochází k podstatně větším změnám. Na konkrétním příkladu vztlakových klapek to vypadá tak, že dvojice pohonných jednotek sevře u kořene klapky elastický materiál, načež se tahem či tlakem vzniklé vychýlení přenesou i na zbylou část a dojde k vychýlení celé klapky. A to všechno bez jediného kloubového spojení, protože se to celé děje jen skrze tvarování materiálu. To je prvním přínosem řešení, které má za cíl nahradit dnes používaná křídla.

Druhým přínosem systému FlexFoil je odstranění indukovaného odporu, který vzniká vlivem vytvoření otvorů mezi křídlem a klapkami. Tomu tvarovatelné křídlo zabráňuje, protože vznik

takových otvorů omezuje plynulými přechody mezi klapkami a okolními částmi křídla. Jak je vidět na úvodním obrázku, mezi klapkou a křídlem je jakási blána, díky které nedochází při vysunutí klapky ke vzniku otvoru, jak jsme zvyklí u současných křidel. V důsledku absence tohoto odporu umožňuje tvarovatelné křídlo podstatně efektivnější let.

Využití tvarovatelného křídla se ale neomezuje jen na letouny, tj. letadla s pevnou nosnou plochou, ale výrobce pracuje i na systému nazvaném FlexRotor, který je určený coby nová generace tvarovatelných rotorových listů vrtulníků. Smysl použití této technologie v případě vrtulníků spočívá v tom, že rotorové listy jsou v zásadě křídla, mají totiž prakticky stejný profil jako klasické křídlo, jen vztlaku se dosahuje jejich rotací, nikoli dopředným pohybem, jak je tomu u letadel. Proto se i zde otevírá prostor pro aplikaci tvarovatelných křidel. Výrobce ve svých studiích uvádí dvě možnosti. První z nich je tvarovatelná náběžná hrana rotorových listů. U rotorových listů totiž také platí, že překročí-li se kritický úhel náběhu, dochází k odtržení proudu vzduchu, který křídlo obtéká, což má za následek ztrátu vztlaku. Proto systém tvarovatelné náběžné hrany by mohl této situaci do značné míry předcházet tím, že by podle aktuálního úhlu náběhu upravoval tvar náběžné hrany tak, aby k odtržení proudu vzduchu nedošlo, přinejmenším ne na takových úhlech náběhu, na kterých k tomu dochází za běžných podmínek, takže by rozšířil letovou obálku strojů vybavených systémem FlexRotor. Druhou z možností, jak aplikovat tvarovatelné rotory, je vytvoření tvarovatelné odtokové hrany křídla, kdy by bylo možné na rotorovém listu dosáhnout velmi podobného efektu, jaký poskytují běžným letadlům křídélka. Dovolilo by to tedy ještě preciznější manipulaci s obtékajícím vzduchem, což by mohlo přinést vrtulníkům nové letové charakteristiky.

Podrobnější rozvedení si ještě zaslouží obecné přínosy této technologie. Hlavní výhodou, od které se následně vše odvíjí, je zlepšení letových vlastností stroje tímto řešením vybaveného. Systém totiž umožňuje svým dynamickým charakterem a absencí mezer v křídlech snižovat odpor, křídlo je jinak řečeno aerodynamicky čistší, což zlepšuje letové výkony. To se v důsledku projeví i na spotřebě paliva. Z předběžných výpočtů vyplývá, že u současných strojů určených pro střední tratě (příkladem jsou letadla Boeing 737 a Airbus 320) by tento typ křídla a klapek přinesl úspory paliva v rozmezí 3 až 5 procent. U letadel pro dlouhé tratě (například Boeing 777 či Airbus 330) by se úspora paliva mohla dostat až k 8 procentům. To se týká dnes existujících letadel. Pokud by se ale letadlo nově vyvíjelo, přičemž by se již v návrhu počítalo se zakomponováním tohoto typu křídla, uvádí autoři možnou úsporu paliva až 12 procent. A samozřejmě dále díky plynulým přechodům a čistě řešenému křídlu bez otvorů dochází i ke snížení hlučnosti. Z měření se ukazuje, že toto snížení může být až 40procentní, což je vskutku impozantní změna. Další z výhod je jednoduchost, nízká hmotnost a absence pohyblivých částí. Protože systém tvarování nevyužívá žádných hydraulických a dalších podobných mechanismů, které obsahují pohyblivé části, zmenšuje

se díky tomu jak hmotnost křídla, tak především riziko závady. Zároveň se takové klapky stávají téměř bezúdržbové, protože absencí kloubů mizí nutnost jejich mazání a údržby.

Všechny tyto přínosy hrají systému FlexFoil do karet. Dle dostupných informací se o toto řešení začali zajímat i největší výrobci dopravních letadel Airbus a Boeing. Lze proto očekávat, pakliže dopadnou nadcházející letové testy podle představ, že zájem o využití tvarovatelných křídel velmi rychle poroste. Překážkou patrně budou certifikační procesy, protože jde o převratný vynález, jehož využití v civilní letecké dopravě si zajisté vyžádá ještě důkladnější testování než doposud. Pokud by se ale technologie ujala a měla příležitost se v leteckém průmyslu rozšířit, bylo by to velice vzrušující, protože stroje, které by již od začátku měly do svých návrhů zapracováno toto řešení, by mohly již od návrhu počítat i s dalšími novými technologiemi, například s dříve představeným systémem pro autonomní pojiždění letadel WheelTug (viz 4. díl) a dalšími, čímž by se mohlo dospět ke zcela nové generaci vysoce úsporných letadel.

Do budoucna se navíc nabízejí další možnosti, kde všude by tento systém mohl najít uplatnění. Co třeba dynamicky reagující konce křídel, takzvané winglety? Ty by mohly měnit svůj tvar a polohu na základě rychlosti, kterou se stroj v daný okamžik pohybuje, a tím by maximalizovaly efektivnost pohybu stroje. Protože stejně jako letky ptáků mění svůj tvar v závislosti na režimu letu, měnily by se i konce křídel letadel v závislosti na tom, v jakém letovém režimu se stroj právě nachází. V dnešní době pevných wingletů, kdy výrobci letadel experimentují s nejlepším možným tvarem, který by byl ideální pro všechny letové režimy, by tato technologie mohla vše otočit vzhůru nohama. Takové takřka organické křídlo nabízí pozoruhodné možnosti.

Na vývoji a testech se společně s firmou FlexSys podílí i Armstrongovo (dříve Drydenovo) výzkumné středisko NASA z Edwardsovy letecké základny ve státě Kalifornie a Výzkumná laboratoř vzdušných sil (AFRL) z letecké základny Wright-Patterson ve státě Ohio. Tvarovatelné křídlo tak v průběhu let prošlo a stále prochází intenzivními zkouškami. V roce 2005 proběhly testy v aerodynamickém tunelu, při kterých se ověřovalo jak chování klapky a celého křídla při různých rychlostech proudění okolního vzduchu, tak i životnost tohoto mechanismu. Klapka vykonala 64 tisíc cyklů bez jediné závady, což potvrdilo životaschopnost ovládání klapky prostřednictvím vytváření pnutí uvnitř ní a deformaci materiálu. V následujícím roce se přešlo k reálným letovým testům. Ty proběhly na letišti Mojave v Kalifornii, kde od října do prosince roku 2006 létal letoun Scaled Composites White Knight (registrace N318SL) s podvěšenou aparaturou, na které bylo umístěno křídlo s klapkou systému FlexFoil, a ověřoval jejich chování v různých letových režimech. Konstrukteři konkrétně zajímalo chování klapky ve výšce 25 tisíc stop a rychlosti Mach 0,4 a zejména pak ve výšce 40 tisíc stop a rychlosti Mach 0,55. V těchto režimech prováděl pilot prakticky všechny myslitelné manévry, kterým jsou civilní letadla vystavena a také zatáčky

o přetížení až 2,5 G. I tyto testy přinesly velmi povzbudivé výsledky. Pozornost se proto přesunula na další úroveň letových testů, kdy by se systém FlexFoil zabudoval do křídla tak, jak by měl běžně fungovat.

Na léto, konkrétně se hovoří o červenci, chystá společnost FlexSys ve spolupráci s oběma výše zmíněnými partnery letové testy svého systému FlexFoil. U stroje Gulfstream III (trupového čísla 83-0502, který NASA používá jako testovací platformu pro nejrůznější technologie) by měly být obě hlavní vztlakové klapky nahrazeny systémem FlexFoil. Po této úpravě by měl uskutečnit letové testy za účelem ověření chování křídla v letu a jeho reálné funkčnosti, efektivnosti a využitelnosti. Pro tento účel podstoupilo zkušební křídlo pozemní testy (viz druhé příložené video), kdy absolvovalo během prvního testovacího měsíce celkem 3000 plných výchylek klapky, tj. výchylky v rozsahu -9,5 až +40 stupňů, a to až při maximální rychlosti změny výchylky 50 stupňů za sekundu. Letové zkoušky budou bezesporu ohromným zdrojem nových poznatků a ukáží, jestli tato inovace dokáže obstát ve skutečném provozu. Máme se tedy na co těšit. S napětím proto můžeme očekávat nadcházející léto, které dost možná ukáže, jaká bude budoucnost systému FlexFoil.

### **Kam dál?**

Oficiální stránky společnosti FlexSys: <http://www.flxsys.com/>

Prezentační video systému FlexFoil na serveru YouTube: <http://youtu.be/9ZpAHxMj5IU>

Video z testů systému FlexFoil na serveru YouTube: <http://youtu.be/gS3ry-e8vbw>

*Marek Vanžura*

*(Photo © FlexSys Inc.)*