

**DRUHÝCH 100 LET
ANEB LETECTVÍ 2003-2103**



16. díl – BAE Systems Demon aneb labutí píseň křidélek?

Existují věci, nad nimiž se v podstatě vůbec nezamýšlíme, bereme je jako dané, takže nás ani nenapadne, že by za ně mohla existovat alternativa. V případě letectví lze takto uvažovat třeba o ovládání letadel pomocí křidélek. Rotace podle podélné osy letounu se provádí prostřednictvím klapek na koncích křídel, jak by to taky mohlo být jinak? Alternativu k tomuto přístupu nabídl demonstrátor nazvaný Demon, který v rámci programu FLAVIIR (Flapless Air Vehicle Integrated Industrial Research, tedy Integrovaný průmyslový výzkum bezklapkového vzdušného prostředí) sestrojili pod patronací koncernu BAE Systems studenti deseti britských univerzit. Řešení použité u tohoto letounu spočívá, jednoduše řečeno, na využití proudů vzduchu, které jsou aktivně vyfukovány z otvorů v křídlech tak, aby nahrazovaly funkci křidélek.

Myšlenka, která stála na počátku celého tohoto úsilí, vzešla z britského zbrojařského koncernu BAE Systems. Ten zadal skupině deseti britských univerzit, do jejíhož čela byla postavena Cranfieldská univerzita, úkol vyvinout a ověřit možné nové technologie pro budoucí bezposádkové prostředky. Hlavním požadavkem bylo vyvinout takový stroj, který by nevyužíval konvenčních ovládacích ploch, a zároveň by vykazoval přinejmenším stejné schopnosti a výkonnost, jako letadla s běžnými ovládacími plochami. Do projektu se tedy zapojilo deset pečlivě vybraných univerzit, přičemž na základě jejich silných stránek bylo mezi ně rozděleno sedm větších výzkumných programů, které vyústily v letounu Demon. Účastníci se instituce čítají Cranfieldskou univerzitu, která má s leteckým průmyslem bohaté zkušenosti, neboť byla založena už s tím, že půjde o instituci zabývající se letectvím, k dispozici má dokonce i letiště, a dále se programu účastnily univerzity v Manchesteru, Liverpoolu, Leicesteru, Nottinghamu, Southamptonu, Warwicku, Yorku, velšském Swansea a londýnská Imperial College. V případě zmíněných sedmi výzkumných témat

jde jmenovitě o tyto oblasti: aerodynamika (tj. návrh a vývoj samotného ovládání letadla řízenými proudy vzduchu), řídicí systémy (tj. zařízení a algoritmy pro ovládání stroje využívajícího řízených proudů vzduchu), elektromagnetismus (tj. vývoj nových způsobů, jak snížit možnosti elektronického rušení a eliminovat důsledky zásahu bleskem), výroba (tj. vývoj nových výrobních metod za účelem snížení výrobních nákladů i nákladů spojených s údržbou výrobních zařízení), materiály a struktury (tj. vývoj nových metod pro určování chování kompozitních materiálů), numerické modelování (tj. vypracování účinnějších modelovacích metod v programech určených pro počítačové modelování) a konečně integrace (tj. spojení všech předchozích výzkumů do jediného výstupu v podobě letového demonstrátoru). Projekt byl oficiálně zahájen v červnu roku 2004, přičemž se počítalo s délkou trvání pět let. Nakonec byl program ještě o rok prodloužen. Celkové náklady činily 6,5 milionu britských liber (přibližně 225 milionů korun). O financování se staral koncern BAE Systems, který hradil dvě třetiny nákladů, a EPSRC (Engineering and Physical Sciences Research Council, tedy Výzkumná rada pro strojírenství a přírodní vědy), která hradila jednu třetinu nákladů.

První tři roky programu byly vyhrazeny na teoretičtěji laděný výzkum, kdy jednotlivé výzkumné týmy zpracovávaly svá zadání a vymýšlely jejich řešení. Kromě toho v této části probíhaly i první testy v aerodynamickém tunelu. V druhé části programu, který nakonec trval taktéž tři roky, se již pokročilo k výrobě samotného letového exempláře a jeho pozemním testům. Vyvrcholením pak samozřejmě byl samotný let. Vývoj letadla od samého začátku se jevil v kontextu tohoto výzkumu jako časově i finančně příliš nákladný, proto studenti Cranfieldské univerzity sáhli k letadlu, které navrhli již dříve, k bezposádkovému stroji Eclipse. Jde o bezocasý dolnoplošník s trojúhelníkovým křídlem. Ten následně zvětšili, takže Demon je oproti svému předchůdci zvětšen o patnáct procent. To znamená, že stroj má rozpětí 2,5 metru, délku 2,8 metru, výšku 0,9 metru a prázdný má hmotnost 80 kilogramů, maximální vzletová hmotnost je 90 kg. Do nádrží pojme 15 litrů paliva. Poháněn je motorem AMT Titan o tahu 392 N. Podvozek je nezatahovatelný, příďového typu. Demon je vyroben převážně z uhlíkových kompozitů, vana v přední části trupu, kde se nachází pomocná energetická jednotka (APU), baterie, část elektroniky, a kde je uchycena přední podvozková noha, je vyrobena z hliníkových slitin. Pod příďí se nachází vstup vzduchu k pomocné energetické jednotce, vstup vzduchu k motoru je umístěn na hřbetu trupu, v kapce, která evokuje překryt kabiny. V příďí samotné je umístěna pomocná energetická jednotka, která vhání stlačený vzduch do rozvodného systému trysek v křídlech. Tento rozvod vzduchu řídí palubní počítač, který se nachází ve střední části trupu. Nejzajímavější částí stroje je zajisté odtoková hrana křídla. Ta je zaoblená a na horní i spodní části je škvíra, kterou ven z křídla proudí stlačený vzduch. Nachází se tu také konvenční klapky a výškové kormidlo. Ačkoli je stroj schopný letu zcela bez nich,

konstruktéři se pro ně rozhodli jednak proto, kdyby ověřovaný „bezklapkový“ systém vykázal nějakou anomálii, a taktéž byly využity při prvním záletu, kdy nový systém ještě nebyl aktivní. Obdobně zajímavou částí je výstupní tryska motoru, která pracuje na stejném „bezklapkovém“ principu, který je zde využíván k vektorování tahu, čímž je nahrazeno výškové kormidlo.

Systém ovládní letadla, který je využit u stroje Demon, využívá takzvaného Coandova jevu. Coandův jev popisuje chování tekutiny (tj. jak kapalin, tak plynů, tedy i vzduchu), která má při obtékání vypouklého tělesa tendenci přilnout k jeho povrchu. Tento jev se často demonstruje na proudu tekoucí vody, do kterého se vloží lžice. Proud vody při vložení lžice přilne k jejímu vypouklému povrchu a podle tohoto tvaru se stočí (viz video v odkazech dole). Takže vytéká-li voda z kohoutku kolmo dolů, po vložení vypouklé strany lžice se stočí podle jejího tvaru, tudíž následně kopíruje tvar lžice a pokračuje dále vyoseně. A přesně tohoto využívá i „bezklapkový“ systém ovládní letadla. Ten si lze představit tak, že pod horním i spodním povrchem křídla jsou dutiny, které ústí ven na odtokové hraně křídla. Mezi oběma dutinami je dělicí příčka, jež má vypouklý tvar (podobně jako je tvarovaná lžice), takže proud vzduchu, který je vháněn do dutin, má tendenci při výstupu z otvorů ústících ven přilnout k povrchu přepážky, a tedy kopírovat její zakřivení. To potom vypadá tak, že proud vzduchu vytékající z horního ústí se stáčí směrem dolů a proud vzduchu vytékající ze spodního ústí se stáčí směrem nahoru. Řídicí počítač na základě pokynů, které získává z ovládní pilota, adekvátně vhání vzduch do horních či spodních dutin. A protože zde jde o funkci křidélek, která zajišťují rotaci podle podélné osy, děje se aktivace horních a spodních trysek na obou křídlech „do kříže“, tedy pokud je na levém křídle vzduch vháněn do horní dutiny, na pravém křídle musí být vháněn do dutiny spodní.

Na stejném principu, tedy využitím Coandova jevu, bylo uskutečněno i vektorování tahu, které bývá v současnosti řešeno opět čistě mechanicky, kdy se k vychýlení výstupních plynů z motoru používá naklápění výstupní trysky. U Demonu bylo vektorování tahu použito jakožto náhrada výškového kormidla, a Coandova jevu využili konstruktéři tak, že kromě primární výstupní trysky, která je nepohyblivá, vytvořili na její horní i spodní straně sekundární trysky, u nichž jsou odtokové hrany tvarovány do podoby, aby stáčely proud vzduchu. Zde tedy platí, že sekundární tryska nad tryskou primární má vypouklý tvar směrem vzhůru, takže proud stáčí vzhůru, a sekundární tryska pod primární tryskou má tentýž tvar, ale směrem dolů, tedy i proud vzduchu stáčí dolů. Podle potřeby se otevírá horní či spodní tryska, čímž dochází k potřebnému vektorování tahu, a tedy ke stoupání nebo klesání.

První let Demonu, i když zatím s využitím konvenčních ovládacích ploch, se uskutečnil 30. listopadu 2009 na skotském letišti West Freugh (kód letiště EGOY). Vzletu předcházely důkladné zkoušky pojiždění a ověřování chování všech systémů. Ke stěžejnímu „bezklapkovému“

letu pak došlo 17. září 2010, a to na letišti Barrow (EGNL/BWF), které vlastní BAE Systems, a které se nachází na ostrově Walney. Demon uskutečnil vzlet, lety po okruhu, manévrování, průlety a přistání, a to vše zcela za použití bezklapkového systému ovládání. Nejvyšší výška, které během tohoto letu dosáhl, činila 120 metrů a nejvyšší rychlost 215 km/h. Tím bylo završeno šest let intenzivních výzkumů na řešení, které může do budoucna přinést radikálně nové konstrukce letadel. Bez přehánění lze tuto událost prohlásit za dosažení dalšího mílníku létání.

Řešení, které přináší v rámci projektu FLAVIIR demonstrátor Demon, má oproti konvenčnímu přístupu několik výhod. První z nich je snížení počtu pohyblivých částí, díky čemuž je snazší údržba křídel. Druhou z výhod, kterou ocení spíše vojáci, je zlepšení vlastností stealth, tedy nižší radarové zachytitelnosti. Pakliže by se totiž namísto klasických ovládacích ploch používalo systému, který byl využit u Demonu, eliminací pohyblivých částí, které jsou u „neviditelných“ letadel poměrně velkým zdrojem odrazů radarových paprsků, by se výrazně snížilo riziko takového odrazu zpět k vysílači. Z tohoto úhlu pohledu je vcelku pochopitelné, proč výzkum financoval zbrojařský koncern BAE Systems. Z hlediska civilního letectví by výhodou tohoto řešení mělo být například zmenšení rozpětí křídel dopravních letadel, protože systém použitý u demonstrátoru Demon by měl být při menším rozpětí křídel stejně účinný jako konvenční ovládání při rozpětí větším. To by bylo přínosné z toho důvodu, že v současné době je rozpětí obřích dopravních letadel (příkladem za všechny je Airbus 380) limitováno rozměry letištní infrastruktury (pojezdové dráhy apod.), takže s touto technologií by se konstruktérům otevřely nové dveře pro další vývoj na poli velkých letadel.

Na celém tomto projektu jsou mimořádně pozoruhodné přinejmenším dvě věci. První z nich je samozřejmě samotný koncept ovládání stroje prostřednictvím řízeného využívání proudu vzduchu namísto klasických řídicích ploch. Druhou je pak zapojení univerzit a jejich studentů do vývojových prací. Přednosti toho prvního jsem načrtnul v předešlém odstavci. Proto bych se ještě rád zastavil u předností toho druhého. Univerzity se velice často potýkají s potížemi, že jejich studenti pracují na zadáních, která jsou uměle vymyšlena, nereagují na nějaké reálné požadavky a výsledky jejich práce tak obvykle končí v zásuvkách stolů u vyučujících, namísto toho, aby se v podobě opravdového zařízení dostaly do světa. To vede k jisté demotivaci a především izoluje studenty od dění v oblastech, ve kterých by se v budoucnu měli pohybovat, což zbytečně utváří překážku při jejich následném zapojování do takového světa. Tento stav proto příliš nenahrává nějakým excelentním výstupům a výsledkům studentů. I když výjimky se jistě najdou, nejsou však pravidlem. Další pozitivní efekt mělo i zapojení tolika vývojových týmů, což kladlo vysoké nároky na schopnost vzájemné koordinace a spolupráce. Přístup, kdy dochází k propojení akademického světa s průmyslem, jak je tomu u projektu FLAVIIR, má skutečně značný potenciál, protože dává

studentům příležitost poznat opravdové výzvy svého oboru, a vynaložená práce se zúročí ve skutečném výsledku. Studenti si proto mohli na vlastní kůži vyzkoušet práci na aktuálních zadáních, měli možnost pracovat s těmi nejnovějšími technologiemi a pod vedením odborníků z praxe. To jsou všechno přínosy, jejichž význam lze jen stěží přecenit. Nelze si proto než přát, aby se podobným směrem vydávalo čím dál více univerzit. Nás jistě potěší, že tento trend je přítomen i v případě Leteckého ústavu na Fakultě strojního inženýrství Vysokého učení technického v Brně, kde se aktivně podílejí na řešení zadání vzešlých z reálných potřeb. K tomu se ostatně vrátím v některém z budoucích dílů.

Výsledek práce britských studentů je tedy opravdu revolučním počinem. Přesto, nebo spíše právě proto, zbývá v souvislosti s tímto řešením vyřešit a objasnit nemálo otázek. Otevřeno tak například zůstává to, jak se bude toto ovládání chovat při velkých úhlech náběhu, kdy je obtékání křídla vzduchem sníženo. Otázky tohoto typu jsou velice plodné, protože navzdory své obtížnosti slouží jako silné motory inovací, takže lze očekávat, že výzkumy za účelem jejich zodpovězení přinesou další vzrušující novinky do světa letectví. Jak je vidět, v posledních letech se objevují a realizují vysoce novátorská řešení, která do letectví přinášejí nové pohledy a rozšiřují potenciál toho, co lze využít a s čím lze pracovat.

Kam dál?

Oficiální stránky projektu FLAVIIR: <http://www.flaviir.com/>

Video zachycující bezklapkový let letounu Demon: http://youtu.be/ZxI_s89qZuI

Video názorně demonstrující Coandův jev: <http://youtu.be/AvLwqRCbGKY>

Marek Vanžura

(Photo © BAE Systems)