



## 69. díl – UTIAS Snowbird aneb letadlo s mávajícími křídly

Na konci patnáctého století si mladý Ital Leonardo di ser Piero pocházející z toskánského města Vinci načrtl do zápisníku návrh létajícího aparátu, jenž čerpal značnou inspiraci z ptačího letu. Vyznačoval se totiž mávajícími křídly. Ornitoptéry, jak se této kategorii letadel začalo na počátku dvacátého století říkat, se postupem času dostaly do centra zájmu mnoha leteckých průkopníků a inženýrů, kteří se snažili létat stejně jako ptáci. V průběhu dějin létání se to i několika málo z nich úspěšně povedlo. Prozatím nejnovějším úspěšným strojem je kanadský letoun UTIAS Snowbird, jenž podnikl v roce 2010 více než 19sekundový let, kdy se o pohon mávajících křídel zasloužila síla lidských svalů.

Protože je let ptáků natolik evidentním zdrojem inspirace pro let člověka, objevily se již více než tisíc let před naším letopočtem v Asýrii rytiny aparátů jasně inspirovaných ptačím letem. V západní kultuře je dost možná nejznámějším případem ornitoptéry starořecký mýtus o konstruktéru Daidalovi a jeho synu Íkarovi, kteří na křídlech zhotovených z ptačího peří měli prchnout z krétského zajetí. Dle dochovaných záznamů se o lety s křídly připevněnými k tělu pokoušel v devátém století arabský učenec Abbas ibn Firnas. Až Leonardo da Vinci v patnáctém století přišel na to, že pokud se chce člověk vznést do oblak stejně jako ptáci, síla pouhých paží k tomu dostačovat nebude. Ptačí let se sice zvnějšku jeví jako něco snadného, ale to je dáno tím, že této funkci je podřízena naprosto celá stavba jejich těla. Ptáci mají duté kosti a jejich prsní svaly, jež se

největší měrou starají o pohyb křídel, jsou mimořádně vyvinuté. Člověk mávající pažemi s připevněnými křídly tak nemá dostatek síly, aby vytvořil potřebný vztlak, rozhodně však má schopnost rozveselit přihlížející diváky. Leonardo proto navrhl mnohem propracovanější stroj, který do pohybu křídel přenášel sílu vytvářenou jak pažemi, tak i nohama. Do jeho realizace se ale nepustil. Výsada realizovat let stroje s mávajícími křídly připadla až o několik století mladším badatelům.

Za první seriózní pokusy o konstrukci ornitoptéry lze označit snahy německého pionýra letectví Otto Lilienthala. Ten na konci devatenáctého století velice důkladně studoval principy letu ptáků a značnou měrou přispěl k pochopení funkce profilu křídel. Většina jím zkonstruovaných létajících aparátů byly kluzáky, ale vedle nich se pustil i do stavby ornitoptéry. K jejímu dokončení a případnému praktickému ozkoušení však nedošlo, neboť zemřel na následky zranění způsobených během jednoho z letů na kluzáku. Za prvního konstruktéra, jehož ornitoptéra uskutečnila pilotovaný let, proto bývá označován jiný Němec, geniální Alexander Lippisch, který se patrně nejvíce proslavil konstrukcemi bezocasých letadel a letadel s deltakřídly. Z jeho rýsovacího prkna vzešel raketový letoun Messerschmitt Me 163 Komet a po válce stíhací stroje F-102 a F-106 americké firmy Convair. Ornitoptéra tak zůstala poněkud v jejich stínu. Lippisch při její konstrukci vycházel ze zjištění německého lékaře Martina Brustmanna, který ve dvacátých letech dvacátého století spočítal, že trénovaný člověk by měl být schopný svými nohama vyvinout dostatečný výkon, aby udržel ornitoptéru ve vzduchu. Lippischova ornitoptéra se do vzduchu úspěšně podívala v roce 1929, kdy za jejím řízením a pohonem usedl atlet Hans Werner Krause. Stroj o prázdné hmotnosti 50 kg byl nejprve roztažen pomocí lana stejně jako kluzák, načež po vzletnutí Krause šlapáním uvedl do pohybu kmitavý pohyb křídel. Takto zdolal vzdálenost téměř tři set metrů. V průběhu třicátých let se inženýr nadále této problematice usilovně věnoval a sestrojil několik bezpilotních motorem poháněných ornitoptér. Lippischův talent si však záhy vyžádalo válečné úsilí nacistického Německa, takže projekt letounů s mávajícími křídly musel opustit ve prospěch vojensky užitečnějších letadel.

Na dosažené výsledky Lippischova stroje navázal jiný německý konstruktér, Adalbert Schmid. Jím zkonstruovaná ornitoptéra později pojmenovaná Wolke (oblak) uskutečnila první úspěšný let 29. června 1942 nedaleko Mnichova, když po vytažení lanem do vzduchu překonal pilot šlapáním vzdálenost 900 metrů. Z hlediska koncepce se jednalo o dvouplošník s křídly v tandemu (či možná přesněji „jedenapůlplošník“), kdy přední křídlo mělo rozpětí 12,6 metru, a zadní pak rozpětí 6,4 metru. Toto zadní křídlo bylo pohyblivé a pilot jej šlapáním uváděl do pohybu. Hmotnost prázdného letadla činila 60 kg. Povzbuzen tímto úspěchem, zabudoval Schmid do trupu malý motocyklový motor firmy Sachs, díky čemuž se letová doba a s tím i uletěná vzdálenost výrazně

prodloužila. O letoun dokonce projevila zájem Luftwaffe, která jej zvažovala jako možný průzkumný stroj, především kvůli předpokládané malé hlučnosti. Stroj podstoupil pod provizorním označením SC-28 několik zkoušek, ty se ale neseťkaly s naplněním představ do něj vkládaných. Druhou ornitoptérou, do níž se Schmid pustil v roce 1947, byl stroj vycházející z konstrukce tehdy rozšířeného kluzáku Schneider Grunau Baby IIa. Tato modifikace spočívala v přidání pohyblivých konců křídel, o jejichž výkyvný pohyb se staral v trupu umístěný spalovací motor. Letoun již ale nezbudil ani zdaleka takový zájem jako předchozí stroj. Kromě těchto snah se v průběhu let objevily v mnoha zemích i další pokusy o sestavení ornitoptéry, a to jak pilotované, tak i dálkově řízené. Mnohé z nich se setkaly s úspěchem. Co se týče ornitoptér malých rozměrů, za pozornost stojí zejména stroje RoBird nizozemského modeláře a sokolníka Roberta Musterse a stroj SmartBird německé firmy Festo, jimž jsme se zde již v minulosti věnovali (viz 19. díl).

Další významná vlna zájmu o ornitoptéry se objevila koncem dvacátého století, kdy se jejím centrem stala Kanada. Největší měrou se o to zasloužil letecký inženýr James DeLaurier. Ten zasvětil svůj výzkum na Torontské univerzitě právě letadlům s mávajícími křídly, přičemž prvním výsledkem této práce se v roce 1985 stal úspěšný zálet třímetrového dálkově řízeného modelu, na němž spolupracoval s kolegou Jeremy Harrisem. V roce 1991 následoval zálet vylepšené verze ornitoptéry. Ovšem modely málokdy přinesou takovou míru zadostiučinění jako „dospělý“ stroj s člověkem na palubě, takže se záhy jejich pozornost přenesla ke konstrukci pilotované ornitoptéry. Návrh nejprve prošel důkladnými měřeními v aerodynamickém tunelu, načež v roce 1995 byla zahájena práce na samotné stavbě letadla. Ta zabrala přibližně rok, takže v říjnu roku 1996 se mohly uskutečnit pojížděcí zkoušky. Veškeré testy ornitoptéry, jež obdržela kanadskou registraci C-GPTR, se uskutečnily na letišti Downsview (CYZD) v Torontu. V kabině letounu zprvu usedala pilotka Patricia Jones-Bowman, kterou v roce 2004 vystřídal zkušební pilot Jack Sanderson.

Pro ornitoptéru C-GPTR byla po zkušenosti s modely zvolena koncepce křídla typu parasol, tedy umístění na nosnících nad trupem. Trup je příhradové konstrukce, přičemž uvnitř se nachází tříválcový spalovací motor König SC-430 o výkonu 18 kW, jenž má na starost mávání křídel. Kmitavý pohyb je na křídla přenášen v ose trupu dvěma vzpěrami, přičemž křídla mávají kolem uchycení tvořeného dvojicí pohyblivých táhel vycházejících ze spodu trupu. Stroj má rozpětí 12,56 metru, délku 7,47 metru a prázdnou hmotnost 322 kg. Podvozek je pevný kolový předového typu. Během vývoje se jako jedna ze zásadních nevýhod ornitoptéry ukázala tendence „poskakovat“ při vzletu vlivem jednotlivých kmitů křídla. To se povedlo částečně vyřešit použitím malého pomocného modelářského proudového motoru, který se nachází pod zádí a slouží k urychlení letadla při vzletu. Kromě toho první pozemní testy ukázaly potřebu dodatečné nosné plochy, která se nově objevila coby prodloužení nosníku, na němž jsou ukotveny vnější vzpěry křídla. První

a jediný vzlet se uskutečnil 8. července 2006 na torontském letišti Downsview. Ačkoli trval pouhých 14 sekund, během nichž urazil stroj přibližně 300 metrů, a navíc byl zakončen nepříliš elegantním převrácením na levé křídlo, pilot jej posléze hodnotil jako nejsilnější zážitek, jaký za svůj život zkušebního pilota zažil. Z vnějšího pohledu se rovněž jednalo o nevidaný výjev. Ornitoptéra je dnes k vidění v Kanadském leteckém a vesmírném muzeu sídlícím na letišti Downsview.

Tímto projektem ale kanadské pokusy s ornitoptéry neskončily. Začaly se však pojit s novou postavou. Tou se stal mladý student Todd Reichert. Pravidelným čtenářům seriálu zní jistě toto jméno povědomě. Je to tím, že se tento Kanadčan podílel na vývoji, stavbě a úspěšném letu lidskou silou poháněného vrtulníku Atlas, jemuž jsme se zde již věnovali (viz 7. díl). V roce 2013 se tomuto stroji podařilo splnit soutěžní podmínky a získat prestižní Sikorského cenu. Na tomto nesporném úspěchu se jistě projeví i znalosti a dovednosti získané prací na předchozím letadle, kterým se stala lidskou silou poháněná ornitoptéra, jež obdržela pojmenování Snowbird.

Lidskou silou poháněná ornitoptéra UTIAS Snowbird (zkratka UTIAS znamená University of Toronto Institute for Aerospace Studies, tedy Institut leteckých studií Torontské univerzity, kde projekt započal) vznikla v druhé polovině roku 2006 coby pokračování a vedlejší produkt předchozí motorové ornitoptéry C-GPTR. Od samotného začátku byla zamýšlena jako studentský projekt, na němž se budoucí letečtí inženýři měli naučit věci, které sezením nad učebnicí nezískají. Pojítkem a omezením všech lidskou silou poháněných strojů je skutečnost, že se vzrůstající rychlostí pohybu se zvyšují nároky na výkon pohonné jednotky. A protože člověk je jakožto pohonná jednotka velice málo výkonný, je zapotřebí, aby se jím poháněný stroj pohyboval co nejpomaleji. Aby se mohl pohybovat dostatečně pomalu, musí mít značnou nosnou plochu a samozřejmě co nejnižší hmotnost. Snowbird se proto vyznačuje rozpětím 32 metrů (což je jen o dva metry méně než má dopravní letoun Boeing 737) a zároveň hmotností pouhých 43,5 kg. Nejvyšší vzletová hmotnost pak činí 114,3 kg. Z tohoto důvodu si návrh vyžadoval opravdovou péči, neboť se celá konstrukce pohybuje na hranici pevnosti. Volba opět padla na uspořádání typu parasol, kdy se křídlo nachází na vysokém nosníku nad trupem. Z tohoto nosníku zároveň vychází ocasní nosník. Nárokům na minimální hmotnost byl podřízen i výběr stavebních materiálů. Použity proto byly uhlíkové kompozity, kevlarová vlákna a balsa. Šlapací mechanismus pochází z „lehokola“ THYS Rowingbike. Prostřednictvím táhel je tento pohyb převáděn do křídel, která se pod jejich působením deformují, a tím vytváří mávavý pohyb, který probíhá s frekvencí 0,65 Hz.

Stavba probíhala od roku 2008 v hangáru Plachtařského klubu Great Lakes na letišti Tottenham (CTR3) v provincii Ontario. Na podzim následujícího roku byl již stroj připraven podniknout první pokusy o vzlet. K prvnímu vzletu došlo 12. října 2009, i když prozatím bez zapojení mávání, letoun

pouze po roztažení na laně za vozidlem klouzal. Ještě téhož měsíce se povedlo provést dalších deset letů. Tým se ale teprve učil a zjišťoval, jak se letoun ve vzduchu chová, což se odrazilo v několika poškozeních letadla, z nichž nejvážnější bylo to, které stroj prodělal 21. října 2009. Krátce po odpojení od lana letoun přídí narazil do země, v důsledku čehož byl vážně poškozen zejména trup. Navzdory poměrně rychlé opravě se ale již přiblížila zima, s níž přišly i nepříznivé podmínky pro další lety, takže hlavní část letových zkoušek a především pokusů o co nejdelší let se posunula na léto následujícího roku.

Na přelomu července a srpna 2010 zažilo tottenhamské letiště opravdové pozdvižení, neboť 2. srpna uskutečnil Reichert rekordní let. Po roztažení lanem za jedoucím vozidlem se Snowbird vznesl do vzduchu a jeho pilot po odepnutí lana zapojil sílu svých svalů a rozpohyboval křídla. Za 19,3 sekund urazil vzdálenost 145 metrů a dosáhl rychlosti 25,6 km/h, k čemuž pomohlo celkem 16 kmitů křídel. Reichert coby pohonná jednotka produkoval výkon přibližně 0,7 kW. Tým se ještě téhož dne pokusil o překonání tohoto výkonu, ale během sedmého letu ve večerních hodinách praskl jeden z dílů převodového ústrojí, což zpečetilo osud stroje. Ačkoli poškození bylo možné opravit, nikdo nechtěl riskovat možnou vážnější závadu a eventuální zničení celého stroje, takže padlo rozhodnutí letadlo uzemnit. Dosažený úspěch byl pro všechny zúčastněné velkým vítězstvím, a to nejen pro dvacítku kanadských studentů, ale i pro deset zahraničních studentů z francouzské Univerzity v Poitiers a nizozemské Technické univerzity v Delftu, kteří do Kanady zavítali na studijních pobytech a na projektu se rovněž podíleli. Pohled na ladný pohyb mávajících křídel působí opravdu půvabně a uhrančivě. Snowbird je dnes vystavený v Kanadském muzeu letectví a kosmonautiky sídlícím na letišti Rockcliffe (CYRO/YRO) v Ottawě.

Uskutečněný let Snowbirdu rozvířil diskuse především na téma, zda mělo Reichertovo šlápnutí vůbec nějaký reálný vliv na dolet stroje. Křídlo letounu se totiž vyznačuje velikou štíhlostí, což znamená, že disponuje značnou klouzavostí. Navíc v souhře s faktem, že se celý let odehrával v malé výšce, se projevoval i takzvaný přízemní efekt, neboli byl eliminován indukovaný odpor, což taktéž přispělo ke zlepšení letových vlastností. Zlé jazyky proto tvrdí, že lidský pohon neměl žádný pozitivní vliv na let ornitoptéry. A co víc, dost možná dolet snížil, neboť díky štíhlosti a přízemnímu efektu by letoun po roztažení vozidlem doplachtil dál než nakonec doletěl po zapojení mávání. Pro podporu daného tvrzení ale nejsou k dispozici žádná konkrétní data, pouze domněnky a spekulace. Zpochybňování dosaženého úspěchu je proto nejen nepodložené, ale především zcela zbytečné, protože se mýjí s tím, co celý projekt přinesl. A to fascinující létající aparát a bezpočet nových zkušeností všem členům týmu, jež se na jeho vývoji, stavbě i letových zkouškách podíleli. Dopad těchto přínosů jsme ostatně měli možnost vidět v případě úspěšné realizace ještě ambicióznějšího projektu, jakým byl vrtulník Atlas.

V závěru povídání o vrtulníku Atlas jsme se krátce podívali i na aktivity v oblasti rychlostních rekordů silničních kol, kterým se Reichert a jeho kolegové věnují. Nejinak tomu bude i tentokrát, neboť se jim v loňském roce podařilo dosáhnout nového světového rekordu a opět o něco posunout laťku lidských možností. Krátce po ukončení projektu ornitoptéry Snowbird založil v roce 2010 Todd Reichert s kamarádem Cameronem Robertsonem skupinu AeroVelo, jejímž ústředním tématem jsou stroje poháněné lidskou silou. Jak název napovídá, zejména letadla a bicykly. Do první skupiny spadal vrtulník Atlas, do skupiny druhé pak aerodynamický kryt bicyklu nazvaný Eta. Ten navazoval na dřívější rychlostní bicykl nazvaný Vortex, s nímž torontští studenti dosáhli v roce 2011 rychlosti 116,9 km/h, což ale nestačilo na tehdejší světový rekord, který činil 133,28 km/h. Reichert s Robertsonem si proto vzali do hlavy, že rekord překonají, k čemuž jim sloužila právě Eta. Na tomto projektu tým pracoval od roku 2013, načež o dva roky později již lámal rychlostní rekordy. Nejprve 17. září 2015 dosáhl Reichert rychlosti 137,93 km/h, o den později zrychlil na 139,21 km/h a hned následující den, 19. září, posunul světový rekord znovu, tentokrát na rychlost 139,45 km/h. Ovšem ani s tím se v AeroVelu nespokojili a v roce 2016 se Reichert pustil do dalšího zvedání laťky. 14. září 2016 tak uháněl rychlostí 142,04 km/h a 18. září dokonce 144,18 km/h. Jsem zvědav, zda se i letos dočkáme nového světového rekordu. Na těchto výsledcích je výtečně dobře vidět, jak lze uplatňovat poznatky získané prací na létajících strojích na tak každodenních věcech, jako jsou jízdni kola, a pozitivně je ovlivňovat.

Letoun UTIAS Snowbird se zařadil po bok pár předchozích úspěšných strojů, jímž se povedlo uskutečnit let pomocí mávajících křídel, a to jen díky síle lidských svalů. I když prozatím žádná z ornitoptér poháněných lidskou silou nedokázala samostatně vzlétnout. Vždy byl nutný prvotní impulz v podobě počátečního roztažení. Do budoucna proto nadále zůstává tato výzva otevřená. Nechejme se překvapit, zda se najde někdo, kdo pokoří i tento dosud neuskutečněný milník.

## **Kam dál?**

Video letu ornitoptéry UTIAS Snowbird: <https://youtu.be/DM9GJ3JOJv0>

Video letu motorové ornitoptéry: <https://youtu.be/a-qS7oN-3tA>

Motorová zkouška ornitoptéry: <https://youtu.be/L-HQQYOAL0A>

Model ornitoptéry Leonarda da Vinci: <https://youtu.be/Oi7KMKxdxQY>

Díl věnovaný následujícímu projektu vrtulníku Atlas poháněného lidskou silou:

<http://airspotter.eu/Download/Atlas.pdf>

*Marek Vanžura*

*(Photo © Todd Reichert)*