



Zaostřeno na vrtule

Martin Mareček

Na konci letošní dlouhé zimy, po návratu z týdenního lyžování v horách jsem se nemohl dočkat, až se dostanu s lyžemi i do vzduchu. Během čekání na letadlo, jsem si jen tak zkoušel fotografovat benešovského Trenéra. Toho, který se letos už na několika zimních snímcích objevil nejen v Pilotu. Pod dojmem fotografování lyžařů jsem porušil pravidlo pro nastavení expozičního času při fotografování roztočené vrtule (bude o něm ještě řeč) a co nejrychlejším časem jsem se snažil zachytit vlečnou „z profilu“ se sněhem odlétávajícím od lyží. Při kontrole zaostření jsem na displeji objevil překvapivý detail – sinusoidu vycházející z konce vrtulového listu a zřetelně se táhnoucí několik metrů za ním.

Doma jsem ke své radosti zjistil, že díky náhodě a příznivým okolnostem mám celou sérii snímků, na kterých je jasně patrná aerodynamická stopa zanechaná vrtulí v chladném a klidném vzduchu. Nedalo mi to, popadl jsem tužku, papír



a kalkulačku a dal se do počítání. Předtím ale trocha teorie:

U valné většiny sportovních motorových letadel je zdrojem tahu vrtule, kterou otáčí pístový motor. Výhodu tohoto uspořádání jsme mohli ocenit nedávno, když Island popletl žádost některých věřitelů a místo „cash“, poslal Evropě „ash“ - vulkanický

popílek, vůči kterému jsou pístové motory odolnější, než turbíny.

List vrtule si můžeme představit jako silně zkroucené křídlo, které vykonává rotační pohyb kolem osy vrtule a zároveň dopředný pohyb s celým letounem. Výsledkem je šroubovicovitý pohyb kteréhokoliv řezu listu. (Učebnice sportovního letce, František Kdér a kol., Svazarm 1980. Na internetu: <http://knihy.vacc-cz.org>).

Otáčky dvoulisté vrtule o poloměru 1 m jsou během vzletu Zlínu 226 asi 2750 ot/min. Obvodová rychlost konce vrtule se pak dá snadno spočítat a vychází 288 m/s. To je slušně vysoká rychlost, blízká rychlosti zvuku $M = 0,87$, což je mimo jiné důvod, proč vysokootáčkové motory, jako je Rotax 912 (5500 ot/min) musí být doplněny o reduktor otáček, který zajišťuje podzvukovou rychlost na celé délce vrtulového listu.

Vysoké Machovo číslo je podle mne důvod, proč jsou na snímcích „vidět“ čtyři



Expoziční čas 1/1500 (špatně - letadlo má „zastavené“ vrtule)

Foto autor

**Optimální nastavení expozičního času
prozradí vzoreček:**

otáčky vrtule [1/min]

$$\frac{\text{otáčky vrtule} \cdot \text{počet listů}}{30} = \text{jmenovatel expozičního času}$$

například: $\frac{2500 \cdot 3}{30} = 250$

exponujeme tedy 1/250 s

nebo obráceně, odhadneme-li otáčky vrtule, zpravidla 2000 až 2500 [1/min] nebo rotoru vrtulníku (cca 300 [1/min]) a zvolíme-li expoziční čas třeba 1/125 můžeme spočítat o jaký úhel se během expozice vrtulový list potočí:

$$\frac{\text{otáčky vrtule} \cdot 6}{\text{jmenovatel expozičního času}} = \text{úhel [°]}$$

například: $\frac{2000 \cdot 6}{125} = 96^\circ$

což u dvoulistých vrtulí vypadá dobře, ale v praxi je 1/125 příliš dlouhý čas pro dlouhé (nestabilizované) objektivy, nebo pro fotografování ze vzduchu. Pak nastane chvíle pro kompromis (1/250 a kratší čas) nebo Photoshop.

otáčky vrtule (osm vrcholů sinusoidy), což odpovídá časovému úseku téměř 0,1 sekundy. Po konzultacích s odborníky ve VZLÚ a VUT Brno jsem se přiklonil k názoru, že hlavní příčinou viditelného efektu je aerodynamický ohřev způsobující změnu indexu lomu vzduchu. Kondenzace vodní páry provázející tlakové změny není patrná a podle mne by se omezila na bezprostřední okolí vrtulového listu. Nicméně nejsem odborník a pokud má někdo jiné vysvětlení, pak ho může napsat třeba do diskuse na mých stránkách (www.marecek.cz), kde budou po vydání tohoto článku k dispozici všechny fotografie.

Další zajímavé výpočty se týkají rychlosti letounu a vrtulového proudu v okamžiku vzletu: Ze známé délky letadla (7,9 m) je na snímku snadné odměřit vzdálenost, kterou vrtulový proud urazí během jedné otáčky vrtule (0,87 m), což odpovídá rychlosti přes 140 km/h. Letoun se ale v okamžiku odpoutání s aerovletem pohybuje rychlostí jen asi 90 km/h – určeno ze vzdálenosti, kterou překonal na sérii fotografovaných rychlostí 8 snímků za sekundu. Zjednodušeně se dá říci, že v horizontálním letu by letoun postupně zrychloval

tak, až by se obě rychlosti srovnaly. Výkon motoru by potom letoun dále neurychloval a sloužil by jen k překonání odporu. Úvaha samozřejmě platí pro „pevnou“ vrtuli, tedy vrtuli jejíž úhel náběhu (překrouceného) listu je konstantní.

Výhoda efektivnější, za letu stavitelné vrtule, ať už ručně, nebo ještě lépe automaticky (vrtule konstantních otáček) spočívá v tom, že se zvyšující se rychlostí letounu se úměrně zvětšuje úhel náběhu vrtulových listů. Tedy i strmost šroubovice (rychlost vrtulového proudu). Na fotografiích by se to při stejných otáčkách motoru projevilo prodloužením vzdálenosti mezi jednotlivými vrcholy sinusoidy. Letoun je tak možné urychlit na vyšší rychlost, než je rychlost odpovídající malému úhlu náběhu vrtulového listu použitému pro vzlet.

Závěr pro piloty:

Jak už to tak bývá, za výhody stavitelné vrtule se platí. Vyšší složitostí, cenou i náročnější údržbou. Ručně stavitelná vrtule může být při nesprávném ovládní nebezpečná pro motor (přetočení), ale i posádku. To v případě, že neděláme pořádné úkony a ani si na finále nepřeríkáváme „básničku poslední záchrany“ – KOLA, KLAPKY, VRTULE. Nikdo jistě nechce na vlastní kůži zažít zoufalý pocit po letmém přistání, nebo ještě hůře po průletu dráhy, když posunutí plynové páky na doraz dopředu nezpůsobí očekávané roztočení motoru a kýžené stoupání. Pochopitelně - vrtule nastavená na cestovní rychlost, tedy velký úhel, „míchá vzduch“ a netáhne.

Závěr pro fotografy:

Odhlédneme-li od uměleckých ztvárnění letadla pěknou šmouhou, ideálem je ostrý letoun s vrtulí rozmazanou pohybem. Vyjma pohledu z boku, kdy vrtule „zastavená“ krátkým časem v některých polohách neruší, je „eroplán s klackem“ spíš politováníhodný objekt, který jako by se chystal na nouzové přistání. ■

Příště se pokusíme zmapovat situaci na trhu pevných, stavitelných i „automatických“ vrtulí pro UL.

Expoziční čas 1/250



www.f-air.cz

PRAKTICKÉ KURZY

Pro individuální výcvik pilota:

Vývrtky

1 h teorie, 1,5 h praktický výcvik
Budte pánem Vašeho letadla – naučte se správně vybrat vývrtku dřív, než ji za Vás vybere bagr!

Cena kurzu na letounu:

L13SW 4 815 Kč
C – 150 6 075 Kč

Nouzové situace za letu a jejich řešení

2 h teorie, 2 h praktický výcvik
Mě se to stát nemůže!! – jeden z největších leteckých omylů! Let občas nemusí probíhat tak, jak bychom si přáli, ale s mnohým nepříjemnými situacemi si poradit lze. Hlavně musíme být na ně připraveni!

Kurz na P92 Echo 100k 5 640 Kč

Krátké nebo měkké dráhy, vysoká tráva

1 h teorie, 1 h praktický výcvik
Nerozrývejte pole za dráhou letadlem – traktorem to jde lépe! Naučte se správně zhodnotit, kdy to ještě jde a kdy už prostě ne.

Kurz na P92 Echo 100k 2 820 Kč

TEORETICKÉ KURZY

Představují výuku ve skupině na učebně s přednášejícím a audiovizuálními pomůckami:

Meteo – význačné jevy

7h teorie

Jak poznáte, že Vám meteorolog lže? Říká Vám, jak bude... O tom, co jsou to význačné jevy a čím jsou nebezpečné pro létání Vám však většinou nelže. Zkušený pilot Vám zase řekne, jak to pak vypadá v kokpitu. Přijďte si je poslechnout.

Místo konání: LKBE

Lektor: Petr Dvořák - meteorolog,
Antonín Žalud – pilot ČSA

Cena kurzu: 1 480 Kč

**DOBŘÝ PILOT JE TEN,
KTERÝ CHCE BÝT
STÁLE LEPŠÍ PILOT!**