

Aerodynamika a mechanika letu - 1. část

Jak velkou gravitační silou je pilot přitahován padájkem v okamžiku ustáveném klouzavém letu, jestliže pilot má hmotnost

70 kg a padájkový komplet s kombinací a výstroj - 10 kg? Odpovězte v prvním děle nového seriálu.

Vážná otázka o letu na sportovních padájkách předpokládá určitě znalosti letecké aerodynamiky a mechaniky. Literatura k této problematice však není vždy zcela dostupná a aplikovatelná.

Z toho důvodu vzniká následující text, jehož ambicí je vysvětlit ty oblasti aerodynamiky a mechaniky letu, které se týkají sportovního padáku, pádně sportovního parašutismu.

Informace v něm obsažené mohou být užitečné v mnoha ohledech: mohou například napovědět, jaké vlastnosti od konkrétního vrchlíku již od pohledu na jeho velikost, geometrii, technologické a materiálové provedení vysvětlit určitě zřetelně provádně seskoků a popis určitě jejich rizik, jejichž znalost možná zkrátí pouze praktickými zkušenostmi.

K některým kapitolám budou uváděny početné příklady, na kterých bude demonstrována aplikace příslušných vztahů na konkrétních, v praxi se vyskytujících situacích (které příklady budou velmi jednoduché, jiné, bohužel složitější).

Obecně bude snaha o vysvětlení jednotlivých fyzikálních veličin tak, aby byla snazší představa o měření jejich sledných vlastností a bezpečnost.

1. Mechanika klouzavého letu

Na obrázku 1 je znázorněn vztlak padájkem (pilot s vrchlíkem) v ustáveném klouzavém letu vzduchem nad zemí. Vrchlík letí po přímkové dráze k zemi, nezpomaluje ani nezrychluje.

Rozebereme si jednotlivě síly, které na padájk působí.

Padájk je přitahován k zemi gravitační silou G , její velikost odpovídá součinu hmotnosti padáku m (tj. součtu hmotnosti pilota, vrchlíku, výstroje atd.) a gravitačního zrychlení g .

$$G = m \cdot g \text{ [N]} \quad (1)$$

Příklad-klad 1:

Jak velkou gravitační silou je působitahovín padák v pář-mě ustěleněm klouzavěm letu, jestliže pilot má hmotnost 80 kg a padákov½ komplet s kombináčou a v½stroj- 10 kg?

Pilot.....70 kg

Padákov½ komplet, kombináč za atd.....10 kg

Padák celkem.....80 kg

gravitační zrychlení.....9,81 m/s²

$$G = m \cdot g = 80 \cdot 9,81 \approx 80 \cdot 10 = 800 \text{ N}$$

V pář-mě ustěleněm klouzavěm letu je v daněm pář-padě padák působitahovín gravitační silou velikosti 800 N.

Gravitační síla vychází v½dy z těžiště padáku, které je pářbližně pář centimetrů nad pasem pilota (viz obr. 1).

Pro zachování rovnováhy působí ustěleněm klouzavěm letu dle obr. 1 působí gravitační síla G vyrovnávaná aerodynamickou silou R o stejné velikosti:

$$R = G \text{ [N]} \quad (2)$$

Celková aerodynamická síla R působí v½dy z aerodynamického středě, který je v½dy pod vrchlěkem, v podě zhruba v rovně první čtvrtiny pomyslně hloubky vrchlěku. Hloubka obělněkověho vrchlěku je vzdělenost mezi náběžnou a odtokovou hranou, u eliptické½ch vrchlěkě uvažujeme tzv. středně hloubku, která je jakousi hloubkou zprěřovanou.

Gravitační síla G a Celková aerodynamická síla R jsou vždy sobě vždy o něco posunuty, protože vyrovnávají moment M , který vzniká v důsledku rozdílů tlaků působících na vrcholk. Klopivý moment a jeho vliv na klouzavý pádík v různých letových režimech bude vysvětlen v následujícím z dalších pokračování.

Celková aerodynamická síla R je výslednicí rozdílů vznikajících aerodynamických sil, vztahová síly L a síly odporové D . Jejich rozbor, vzájemný poměr, způsob a podmínky vzniku za různých letových režimů budou vysvětleny v následujících pokračováních. Je velmi důležité mít stále na paměti následující:

- Vztahová síla L působí vždy kolmo na směr letu
- Odporová síla D působí vždy ve směru letu
- Síly L a D jsou navzájem vždy kolmé

2. Aerodynamika

Aerodynamická síly L a D působící na pádík vznikají působením dynamického tlaku q na plochy pádíku, které svými vlastnostmi velikost aerodynamických sil ovlivňují.

Vliv velikosti ploch, vliv jejich tvaru a dalších vlastností na jednotlivé druhy aerodynamických sil si postupně vysvětlíme v dalších pokračováních.

Nejprve se podvejme na veličinu nezbytnou pro vznik všech aerodynamických sil, kterou je dynamický tlak:

2.1 Dynamický tlak

Dynamický tlak q [Pa] vytváří proud vzduchu o určité (konkrétní) hmotnosti pohybující se vůči pádíku (letadla paraútluství) určitou (konkrétní) rychlostí.

Poznámka: Je jedno, jestli vůči zemi vzduch stojí a pádík se pohybuje (za bezvrtákově) nebo zdali vzduch se pohybuje a pádík vůči zemi stojí (přímém letu proti silnému větru), důležité je pouze vzájemná rychlost vzduchu a pádíku a na rychlost větru žádný vliv, avšak pozor, na vzájemnou rychlost vzduchu a pádíku má významný vliv turbulentní proudění, vrtání poryvy apod. – tato problematika bude rozbrána podrobněji v následujícím z dalších pokračování.

Dostatečný dynamický tlak je pro letadla vzduchu nesmírně důležité. Je to právě nedostatek dynamického tlaku, který způsobuje pád letadla vůči pádíku.

Hodnota dynamického tlaku je daná součinem poloviny objemové hmotnosti okolního vzduchu a druhou mocninou rychlosti:

letu.

$$q = \frac{1}{2} \rho v^2 \text{ [Pa]} \quad (3)$$

Vliv hmotnosti vzduchu na dynamický tlak

Objemová hmotnost vzduchu ρ [kg/m³] je v letectví uvažována o hodnotě 1,225 kg/m³ hladině moře.

Objemová hmotnost vzduchu se snižuje se vzrůstající teplotou a nadmořskou výškou a musí být kompenzována zvýšenou rychlostí letu. Tvrzení, že k p_{meta} a p_{du} vrchlu ku dojde za určitě minimální (p_{dov}) rychlosti, tedy pokud nep_{esn}, k p_{meta} a p_{du} dojde vždy při určité minimální hodnotě dynamického tlaku.

Na většině p_{ist}vacích ploch dropzón v ČR je pokles objemové hmotnosti vzduchu s výškou v podstatě zanedbatelná. Avšak v nedalekých Alpách se již zařazení vliv výšky projevovat, například ve Svatém Moře cca 1800 m.n.m., kde odpovídá zvýšená p_{dov} rychlosti o cca 10 % (což je jako kdybyste si změnilí vrchlí t_m 20 %).

Ve výšce 3000 m.n.m dosahuje objemová hmotnost vzduchu 74 % hodnoty p_{ist} hladině moře, ve 4000 m.n.m 67 % a výšce cca 6000 m.n.m je hustota t_m poloviční. Tomu samozřejmě odpovídá i zvýšená p_{dov} a p_{du} rychlosti, které jsou v 6000 m.n.m. p_{ist} stejném plošném zatížení - vyáží - o 41 %! V této výšce sice bývá nep_{ist}iváme, ale v těchto výškách již prakticky počítáme zanedbatelně zvýšená rychlosti volného pádu jinými slovy znamená, že p_{ist} provádná - selsoká - z velkých výšek (nad 4000 m) se bohužel již neprodukuje volného pádu k výšce selsoku, což bychom určitě ocenili například klad p_{ist} provádná - velkých for

Pokud by snad někdo chtěl p_{ist}vat na Mt. Everest musí počítat s p_{dov} rychlostí o cca 60 % vyáží - p_{ist} ob hmotnosti ve výšce pouhých 39 % hodnoty p_{ist} hladině moře. Naopak velmi pozitivně tohoto jevu využít vají - například dopravní letadla, která mohou ve výšce 10 km letět o 70 % vyáží - rychlostí - než p_{ist} zemi p_{ist} stejném dynamickém tlaku.

Vliv rychlosti letu na dynamický tlak

Za rychlost letu v [m/s] se uvažuje vzájemně rychlost pádu a okolního vzduchu.

Vliv rychlosti letu na dynamický tlak se projevuje v druhé mocnině, platí tedy:

Zvýší-li se rychlost letu 2x, zvýší se dynamický tlak 4x.

Ověřem zvěřtá--li se rychlost letu 4x, zvěřtá- se dynamická½ tlak ji¾ 16x!

Pro snazá- p™edstavu: vystrá-me-li ruku z okna automobilu jedoucího rychlostí 40 km/h budeme vnát proud vzduch avák bez velkého síly, p™i 80 km/h ji¾ budeme cítit znatelný odpor (dynamická½ tlak se zvěřtá- 4x) a p™i 160 km/h budeme mít pocit, že nám chce proudící vzduch ruku utrhnout (dynamická½ tlak se zvěřtá- 16x oproti tlaku p™i rychlosti 40 km/h).

Kromě vlastního letu na padáku je dostatečný dynamická½ tlak důležitý pro jeho otevřen. Je potřeba si uvědomit, že v½ta¾noho padáku zřisadně zřisá- p™edevá-m na hodnotě dynamického tlaku v okamžiku otevřen.

Z důvodu nížeho dynamického tlaku p™i otevřen- po krátké v½drái mají v½ta¾no padáky pouzř p™esnostněch padáky (o padáky-ch pro B.A.S.E. nemluví) v½razně v½plochu (také otevřen- síly obalů zpravidla menší) než u b½n½ch souprav určených pro seskoky s dlouhým volným pádem ze standardně 4000 m. P™i okamžitém otevřen- z letounu letícího rychlostí 100 km/h bude dynamická½ tlak zhruba ¼tvrtinová dynamickému tlaku p™i b½n½m volným pádu p™i rychlosti kolem 200 km/h!

Proto p™i seskocích s b½nou soupravou z malých v½ky z pomalu letících v½sadv½ch letounů (AN-2, L-60 apod.), např. klad p™i propagačních seskocích, je vhodné dodržet určitou minimální v½drá alespoň 5 vteřin (p™edstavují zřitu v½ky cca 100 m) nebo v p™-padě nutnosti (něžká v½ka zřkladny oblačnosti) lze s pdomluvit vyá- vysazovací rychlost (AN-2 má- bez problémů letět rychlostí cca. 160 km/h i v½ce).

Vysoká½ dynamická½ tlak naopak má- b½t problémem p™i nedostatečném snížen- rychlosti volného pádu otevřen-m padáku p™edevá-m p™i seskocích typu Free Fly nebo Free Style. Rychlostní limity pro otevřen- p (stanovené v½robem pro každá½ typ techniky "pozor zvlá- pro vrchlký HP, ZP a postroj) mohou b½t u tohoto seskoků (obzvlá- u zá-nejší-ch s t½mito disciplínami) velmi snadno překroeny a dosažen- destruktivně- v praxi zcela nereálné (obzvlá- p™i horné hranici povolené vzletové hmotnosti). Např. klad zvěřten 240 km/h na 295 km/h odpovídá přivě, zvěřten- dynamického tlaku 1,5x což je obecně přivě hodnota bezpečně- násobku pro destrukci letecké techniky. Takže p™ed otevřen-m padáku je třeba v½dy bezpečně- snížit rychlosti niže- než je stanovena v½robem postroje a vrchlku.

krausivan@yahoo.com

(pokračování- p™-á-)

Další- články autora:

Aerodynamika a Mechanika letu - MANTA nebo BOX?

Aerodynamika a Mechanika letu - Trekování

Aerodynamika a Mechanika letu - 7. díl

Aerodynamika a Mechanika letu - 6. díl

Aerodynamika a Mechanika letu - 5. díl

Aerodynamika a Mechanika letu - 4. díl

Aerodynamika a Mechanika letu - 3. díl

Aerodynamika a Mechanika letu - 2. díl

Přístřední na sportovní padělku - 2. díl

Přístřední na sportovní padělku - 1. díl