

Aerodynamika a mechanika letu - 5. díl

Součinitel vzlaku u symetrických, aerodynamicky neúspěšných těles souvisějí se skydivingem.

3.2 Součinitel vzlaku

3.2.1 Symetrická tělesa

Situace 1

Směru proudu vzduchu je rovnoběžná s osou symetrie těles, úhel náibahu α (alfa) je tedy u všech zobrazených těles nulový. Proud vzduchu rozřazen na dvě stejná vzduchová hmoty pohybující se stejnou rychlostí a po stejných osách symetrických drahách podél každého jednotlivého tělesa. Těleso negeneruje vztlak L a vřechna tělesa generují pouze odpor D.

Situace 2

Vřechna tělesa jsou vřmi proudu vzduchu pootěna, úhel náibahu α (alfa) je tedy nenulový avřak u všech těles stejný (10°). Rozdělená vzduchová hmoty v tomto pádě neobtěkají obě strany těles symetricky a proto nepřsobětlakově jenom ve směru nabřhajřcřho proudu vzduchu. Za řto situace vřechna zobrazenř tělesa generují kromř sřly odporovř D i sřlu kolmou na směř nabřhajřcřho proudu vzduchu: vztakovou sřlu L. Protože vřak každř zobrazenř těleso svřmu tvaru ovlivřuje obřkřjinř jinřm zpřsobem, bude i charakter obřkřjinř a tlakovř pomřry jinř a řm i součinitel vzlaku Cl u každřho tělesa jinř a jak je zřejmř z obrřzku i orientace přsobě vztakovř sřly mřže břřt rozdřlnř. Posledně zobrazenřch těles je koule (nebo vřlec obřkanř kolmo na podřlnou osu), kterř vztlak negeneruje, protože se jejř geometrie zmřnou řhlu náibahu nemřnř (koule a vřlec vykazujř vztlak pouze přřmi rotařnřm pohybu - u golfu, tenisu, fotbalu apod. se jak znřmo tohoto efektu velmi vyuřřvř).

Z těchto dvou situací pátá kladně vyplývá, že součinitel vztlaku C_L nejvíce ovlivňuje:

- tvar lesa včetně kvality jeho povrchu (včetně propustnosti tkaniny u vrchláku)
- úhel náhledu lesa α

Obecně tedy platí, že v sledované součinitel vztlaku je vztažen pouze pro konkrétní les (profil lesa) patřící určitému konkrétnímu úhlu náhledu α

Zvýšení úhlu náhledu však neznamená vždy zvýšení součinitele vztlaku. Je třeba mít na paměti, že po překročení tzv. kritického úhlu náhledu α_{krit} , který je pro každé les jiné, pátá představuje další zvýšení úhlu náhledu naopak pokles součinitele vztlaku. Tyto závislosti budou podrobněji popsány u jednotlivých typů les.

Součinitel vztlaku je dále ovlivněn viskozitou vzduchu, zpravidla pomocí vztažení s vztažením hodnotou Re (info o Re viz Aerodynamika a Mechanika letu - 3.díl), ovšem tento vliv není u dnešních vrchláku pro skydiving (na rozdíl od všeobecného letectví) a tak v rozmezí (pátá) jde o jednotky procent). Stejně tak zanedbáme i vliv tzv. Machova čísla.

3.2.1.1 Symetrický aerodynamický koeficient lesa

U většiny plochých les jako jsou polokoule nebo deska vzniká vztlaková síla od pátá nabíhajícího proudu vzduchu vytlačovaného do opačné strany než je směr náklonu. Podtlak v plavu ze těchto lesů vztlakovou sílu téměř neovlivňuje (na rozdíl od profilovaných aerodyn. koeficientů les).

Dutí polokoule

Dutí polokoule je zde uváděná s ohledem na tradici, protože je zastoupená klasickým kruhovým vrchlíkem. Již ze základního cviku je obecně známo, že stažením popruhu se vrchlík nakloní a v tomto principu vyvolá boční posun vrchlíku - skluz. Účelem věce vrchlíku nakloníme, tím vyvolá součinitel vztlaku (tedy i rychlost skluzu) zůstačíme, avšak pátky budou v porovnání s jinými tělesy poměrně malé. U pevné polokoule by se pátmi cca 30° začaly pátky vztlaku blížit k nule (to znamená, že součinitel vztlaku se již nezvyšuje a rychlosti skluzu nelze dosáhnout) a po překročení cca 40° by začal součinitel vztlaku klesat.

V praxi je možné klasickým kruhovým vrchlíkem (základní) padáku naklonit pouze v rozsahu několika stupňů, protože pátmi vyvolá naklonu se okraj vrchlíku ve směru skluzu začne bortit. Prudký skluz s okrajem vrchlíku na hranici zborcení - v turbulentním ovzduší - může být pátmi edevátmi v blízkosti země poměrně nebezpečná, protože prudký boční porыв větru může velkou část vrchlíku dočasné zkolabovat.

Deska

Akoliv konětiny a tělo skydivera mají spíše charakter těles vlnových, ve směru jejich podélné osy je možné je pro vysvětlení aerodynamických sil nahradit tělesy deskovými. Pátmi-padná může i celá tělo skydivera nahradit pouze jedním deskovým tělesem (např. pro vysvětlení situací trekovní). Proto je popis aerodynamických vlastností deskového tělesa pro skydiving dle vlastností.

Je zřejmé, že deska obtáčí kolmo na směr proudu vzduchu nevykazuje žádný vztlak, obdobně jako dutí polokoule. Pátmi malých úhlech náhledu se bude součinitel vztlaku zvyšovat s úhlem náhledu. Postupně se však pátmi-rátky součinitele vztlaku budou měnit a pátmi úhlu náhledu cca 45° již k dalšímu navýšení nedojde a deska bude vykazovat nejvyšší součinitel vztlaku. Pátmi dalším zvýšením úhlu nad 45° začne součinitel vztlaku postupně klesat až k nulové hodnotě pátmi úhlu 90°, kdy bude deska obtáčí ve směru podélné osy.

Trojrozměrné obtokání - deskového tělesa

Na v½ je zobrazeném obrázku je deska nakreslena v ĀTMezu a naznačena vzduchová hmota protoká podél jedné nebo druhé strany desky. V takovém pádĕ hovořme, Āe je obtokání dvourozměrné ½ profilu desky a nikoliv skutečně trojrozměrné těleso. Maximální součinitel vztlačení desky by při 45° dosáhnul hodnoty cca $Cl = 0,7$ a součinitel odporu by byl jen o velmi málo vyšší, cca $Cd = 0,75$, jejich vzájemná poměr udávající klouzavost Cl/Cd by tak byl cca 0,95.

Takového proudění však nelze v letecké praxi dosáhnout, protože konkrétně deskového tělesa musí mít nějaké konkrétní rozpětí (rozměr kolmé na obrázek). U trojrozměrného deskového tělesa dojde u obou bočních stran (tedy u tzv. okrajových profilů) i k ĀsteĀmu stranovému pohybu vzduchové hmoty vlivem vyrovnávací tlakové nad a pod deskou. Tento jev vyvolá u okrajových profilů dodatečné vĀĀmená a zpĀsobá pokles součinitele vztlačení. Tento pokles bude tím větší, Ām bude rozpětí desky menší a naopak. K velmi velkému vyrovnávání a poklesu součinitele vztlačení dojde u vlcového tělesa obklopeného v podlíně smĀru, u kterého je již pouze velmi malý Āst vzduchové hmoty vychálený ve smĀru podlíně osy a Āe tak generovat vztlačení.

Je však třeba mít na paměti, Āe aťkoliv u trojrozměrných deskových těles s malým rozpětím dochází k v½raznému poklesu součinitele vztlačení, stejně platí, Āe nejvyššího součinitele vztlačení budou i tato tělesa dosahovat při Āhlu náběhu cca 45°, avšak vzájemná poměr součinitele vztlačení a odporu Cl/Cd se bude v½razně snižovat s Āníkem vzduchové hmoty do stran.

V praxi napĀtĕm, tělo dokonalé trekujícího skydivera pádstavuje takovou poměrně Āzkou desku, její Ā¼ maximální dosažitelná hodnota Cl/Cd ĀinĀ - cca 0,5 při Āhlu náběhu 45°.

Pro se tedy nepouĀvĀi trekování bočních skluz, kdy Ā¼ vzájemná ½ poměr stran skydivera by byl v takovém pádĕ mnohem páznivější? Pomineme dĀvody biomechanické a jině nepraktické a zĀstaneme u aerodynamiky: V bočním skluzu je tělo skydivera spĀje vlcovým tělesem ne¼ deskou a takové těleso

(jak v 1/2 je uvedeno) vztlak t^m negeneruje.

Pro sn^{en}- ne^{idouc}-ho ůniku
vzduchu do stran a s t^m spojen^{ztr}ty vztlaku ptm i trekovⁱⁿ- pou^{vaj}-
mnoz^{basejumps} i tzv. trekovac^{kalhoty}, kter[©] maj^{nav}-c jinou propustnost p^{edn}-
a zadn^{tkaniny} a p^{it}om poskytuj ^{dostate}nou volnost pohybu pro ostatn^fize
seskoku.

Z toho sam^{ho} d^{vodu} maj^{RW}
kombin^{zy} p^{metahovac}- a optimⁱⁿ i nafukovac^{botiky} (booties), proto^{je} tyto:

a)
zv^{tuj}- aerodynamicky ůinnou plochu pro horizontⁱⁿ-
pohyb,

b)
roz^{uj}- rozp^t plochy a t^m zv^{tuj}- jej^{innost}
sn^{en}-m stranov^{ho} obt^kinⁱⁿ.

Z v 1/2 je uveden^{ho} vypl^v, ^{je}
pokud chceme dos^{ihnout} co nejrychlej^{ho} horizontⁱⁿ-ho pohybu ve voln^{om} p^{idu}, je
vhodn[©] aby ty kon^{etiny}, kter[©] k pohybu m^{eme} vyu^t byly
k nab^{haj}-c^{mu} proudu vzduchu v^{dy} pokud mo^{no} pod ůhlem 45°. Toto plat⁻
s nads^{zkou} pro v^{ejchny} skydiversk[©] discipl^{ny} s v^{jimkou} ok[™] dlen^{ch}
kombin^{oz}, kter[©] ji^{pat} - do t^{les} aerodynamicky ůist^{ch} s rozd^{lnou}
aerodynamikou.

Pokra^{ov}inⁱⁿ- p[™] -^{it}

1) Ov^{jem} existuje
velice d^{le}it^j v^{jimka}: nap[™]. u mnoha aerodynamicky ůist^{ch} t^{les}
v oblasti tzv. kritick^{ho} ůhlu n^{jb}hu
±krit
b^v rozd^l-
v hodnot ^{CI} p[™]
stejn^{om} ůhlu n^{jb}hu a^{30%}. Z^{le}, jestli se ůhel n^{jb}hu zvy^{uje} a proud
vzduchu se odtr^v nebo se naopak z velk^{ho} ůhlu
po ůpln^{om} odtr^{en}- t^{leso} navrac ^{do mal}
ůhl ^{podkritick}. Tento jev se naz^v hystereze a bude podrobn^{ji} popsⁱⁿ u
p^{slu}in^{ho} typu t^{lesa} (profilu) v n ^{kter}om z dal^{ch} pokra^{ov}inⁱⁿ.

Ivan Kraus, krausivan@yahoo.com

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 - 4. díl

Aerodynamika a Mechanika letu - 3. díl

Aerodynamika a Mechanika letu - 2. díl

Aerodynamika a Mechanika letu - 1. díl

Páštík na sportovní padáku - 2. díl

Páštík na sportovní padáku - 1. díl

