

Aerodynamika a mechanika letu - 6. díl

Součástí vztlaku u aerodynamicky čistých těles (převážně m křídla a jejich profilů).

Tento článek je asi nejvíce "teoretický" z celého seriálu. Nicméně je základem pro další pokračování, která se stanou o něco stravitelnějšími a budou se zabývat konkrétnějšími tématy více souvisejícími s praxí. Tento díl jsem mnohokrát přepracovával, aby byl pokud možno co nejvíce srozumitelný i pro ty, kterým není fyzika a povědy dvakrát nejmilejší.

Na obrázku je hypotetický symetrický profil (vrchlíku z nepropustné tkaniny s malými rovinnými otvory v nábojové hraně) obklopený proudem ve směru podél osy.

Jednotlivé úhly po obvodu profilu ukazují tlakové poměry na profilu daném měřítkem.

Modré úhly uvnitř profilu představují tlak vzniklý "vnitřním" proudem nábojového otvorem v nábojové hraně uvnitř profilu neproudí, takže tlak uvnitř profilu je vždy stejný, jako v nafouknutém dětském balóneku.

Mnohem dříve jsou červené úhly směrem od profilu, který představuje podtlak (jako kdyby byl prasklý a neviditelná vysavač) vznikající na povrchu profilu díky obtékání mu vzduchu. Podtlak udržuje tvar ve správném tvaru a jak je vidět na obrázku, je po obvodu profilu různě velký - v přední části profilu je větší a v zadní části se zmenšuje a na konci profilu je téměř nulový tlak uvnitř profilu.

Jak vznikne podtlak na povrchu profilu?

Jak je možné, že na vnějším povrchu profilu vzniká podtlak a to i v oblasti nábojové hrany, takže profil udržuje tvar? Na první pohled by se to mnohem mohlo zdát, že by se zde měla tkanina spát a vydat dovnitř dík nabíhajícímu proudy vzduchu ne naopak. Pro vysvětlení tohoto jevu je potřeba připomenout trochu podrobněji zákony z dynamiky kapalin.

Proudění v trubici o nestejném průřezu

Trubicě sá několika různými velikostmi průřezů proudě vzduch. Vá každém průřezu procházejí stejné množství vzduchu, což znamená, že ve velkém průřezu proudě vzduch pomaleji a v malém rychleji (turbulenci v mezní vrstvě trubice zanedbáme).

Nyní se zaměříme na tlakové poměry v trubici. Do každého průřezu trubice umístíme dvě trubičky, jeden v prostoru trubice - tato bude měřit tlak ve směru proudění - a druhou na vnitřní povrch trubice, která bude měřit tlak na směr proudění. Viz obrázek níže.

Všechny trubičky na výše uvedené obrázku jsou ponehány z obou stran otevřeny.

V okamžiku, kdy trubicě vzduch neproudě, bude tlak vstupující do trubiček na obou jejich koncích stejný a bude rovný tlaku okolního prostředí, tedy tlaku atmosférickému).

Začne-li vzduch trubicě proudit, tlak ve směru proudění se zvýší a tlak kolmo na proudění poklesne. Viz obrázek níže.

Modré žipky zobrazují, o kolik se tlak oproti atmosférickému zvýšil - indikují - tedy tlak a éerveně naopak, tlak snížen - indikují - podtlak (na principu snížen - podtlaku ve směru kolmém na proudění - fungují tlakové roz - fixky). Ptlak a podtlak v psluáném prázku mají vždy stejnou velikost (jinými slovy mají stejnou absolutní hodnotu, což znamená, že éervení žipka je stejně velká jako modrá). Hodnoty tlaku a podtlaku narostají se rychlostí proudění, proto jsou žipky u úzkého profilu s vyšší rychlostí proudění - různě - větší - než u širokého profilu, proto jsou žipky u širokého profilu s nižší rychlostí proudění - menší. Sešteme-li absolutně - hodnoty tlaku a podtlaku v psluáném prázku, dostaneme dynamický tlak q . Dynamický tlak q tedy bude každým prázku různě - odlišně (o dynamickém tlaku je pojednáno podrobněji v první části seriálu).

U proudění podél profilu na vodní obrázku je situace obdobná. Pokud profil stojí, je tlak vzduchu působící uvnitř a vně profilu roven tlaku atmosférickému, po celém obvodu je stejná a vzájemně se vyrovnávají.

Jakmile se začne vzduch v ústí profilu pohybovat, bude se sledně tlak působící na povrch profilu v ústí - straně měnit a uvnitř profilu zvyšovat. éervení žipky opřezorají - tedy podtlak a modré žipky tlak. A

Jak již bylo zmíněno, tlak uvnitř profilu je vždy stejný proto, že se uvnitř profilu vzduch nepohybuje a jeho hodnota je stejná jako u vstupního otvoru do profilu (proto jsou modré žipky uvnitř profilu všechny stejně velké).

Pro p - padně vznik vztakově sly je však děle - podtlak po obvodu profilu. Díky zakřivení - profilu není po obvodu profilu konstantní (éervení žipky po jeho ústí - m obvodu, jsou různé velikosti). é - m větší - zakřivení - dráhu vzduch podél profilu musí - urazit a jak bylo vysvětleno na p - kladě proudění - v trubici, musí - v tak - m - stech proudit rychleji, různě - zde naroste dynamický tlak a s n - m zároveň podtlak působící na povrch profilu. N - st podtlaku nastává zpravidla nejvíce v p - edně - ústí profilu.

Tam, kde proud vzduchu musí - urazit dráhu kratší - a/nebo kde je zbrzděná turbulentní - proudění - m (v mezí - vrstvě konci profilu), proudění - pomaleji a efekt je opač - , podtlak působící na povrch profilu je různě - menší - .

Se zvyšují - se celkovou rychlostí - proudění - podél profilu a hmotností - vzduchu (jinými slovy se zvyšují - m se dynamickém tlakem) se budou všechny žipky (modré i éervení) po obvodu, vrchlí - ku - , zvyšovat (zvětší - rychlost proudění - , dynamický tlak se zvýší - 4x a všechny žipky po obvodu profilu uvnitř i venku také 4x). Se zvyšují - m dynamickém tlakem tedy bude paděkově vrchlí - k z - ská - vat na tuhosti, což ovšem nutně - neznamená se - m automaticky snižuje riziko kolapsu vrchlí - ku v turbulentní - m prostředí - . Pro - tomu tak je, bude vysvětleno v - kterém z dalších - pokračování - .

Vznik vztakově sly na symetrickém profilu

Na vodní obrázku a tohoto ústí - nku je profil obtěkaně ve směru osy symetrie, a proto jsou tlakově sly na spodní - straně - profilu osově - souměrně a ve směru kolmém na směru proudění - se navzájem vyrovnávají - . Vztakově působící - kolmo na směru proudění - , v takovém p - padě - nevznikají (je nulová). Soušinitel vztaku, který 2 o vzt

sály odvozená, je tedy také nulová.

Jakmile se v jakýkoliv profil proudění vzduchu natočí (něl náběhu již nebude nulová), změna se zjednoduší lokální hodnoty podtlaku na obou stranách profilu: Na straně pátivříceně k proudění vzduchu, tedy na spodní straně profilu na úroveň uvedeném obrázku, se obtékání zpomalí a podtlak poklesne, na straně odvrácené se proudění a podtlak se zvýší.

Vzájemně součet vlivů sil od podtlaku působícího na povrch profilu ve směru kolmém na směr proudění již nebude nulová a na profil začne působit vztlaková síla L , kterou máme změnit a známe-li velikost dynamického tlaku a velikost profilu, máme pro daný profil pátivříceně konkrétně úhel náběhu určit odpovídající hodnotu součinitele

Vznik vztlakové síly na asymetrickém profilu

Kolem asymetrického profilu vzniknou stejné síly působící na jeho povrch jako u profilu symetrického, akorát budou mít jinou velikost. Asymetrický profil bude vykazovat vztlak již pátivříceně nulovým úhlem náběhu, protože na velké straně profilu bude vzduch proudit rychleji než na spodní a lokální hodnoty podtlaku na obou stranách budou dosahovat rozdílných hodnot.

Je zřejmé, že úhel náběhu bude asymetrie profilu větší, tím větší budou rozdíly v rychlostech proudění nad a pod ním bude i následně součinitel vztlaku profilu již pátivříceně nulovým úhlem $\alpha = 0^\circ$. Obecně platí, že úhel náběhu pro (větší asymetrie) tím větší bude i $Cl_{\alpha=0}$. Velké prohnuté mají například profily lopatek plynových turbín, které dosahují velmi velkých součinitelů vztlaku. Je zřejmé, že zvýšování úhlu náběhu u asymetrických profilů součinitel vztlaku nadále zvyšovat, což bude podrobněji rozebráno v další části seriálu.

Pokračování - pokračování

1) Symetrické profily jsou v letectví reprezentovány plochami letadel (aťkoliv známá v sadce letoun L 410 má vodorovnou ocasní plochu s profilem asymetrickým), Zde je asymetrický profil uváděný pro vztátnost a plnost vkladu. Ve skydivingu se (pokud je možno) asymetrický profil nepoužívá.

2) Atmosférický tlak je obvykle 1000x větší nežli hodnoty dynamického tlaku q bývá se vyskytující na klouzavých padáčkách. Z toho důvodu není na obrázcích zakreslen, protože vzjemně poměr atmosférický tlaku ká tlaku a podtlaku není možno dost dobře graficky znázornit. Atmosférický tlak se uvažuje 1013hPa standardně - atmosférický tlak hladiny moře, což pro bližší představu odpovídá tlaku vce než deseti tur

3) Ptlak uvnitř profilu vztlakovou sálou podstatě neovlivňuje, ovšem z praktického hlediska je nesmírně důležité pokud by díky špatnému umístění nebo rovno otvoru došlo k úniku tlaku (což není v praxi v extrémně turbulentní vrcholky by zkolaboval.

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. část

Aerodynamika a Mechanika letu - 5. část

Aerodynamika a Mechanika letu - 4. část

Aerodynamika a Mechanika letu - 3. část

Aerodynamika a Mechanika letu - 2. část

Aerodynamika a Mechanika letu - 1. část

Paráštář na sportovní padáčku - 2. část

Paráštář na sportovní padáčku - 1. část