

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 podobně dvakrát nejmilejší.

Na obrázku je hypotetický symetrický profil (vrchlíku z nepropustné tkaniny s malými rovinnými otvory v nářábě hraně, obklopený přesně ve směru podélné osy).

Jednotlivé úhly po obvodu profilu ukazují tlakové poměry působící na profil v daném místě.

Modré úhly uvnitř profilu představují tlak vzniklý "známkou" profilu nářábě rovinnými otvory v nářábě 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 nářábě hrany, takže profil udržuje tvar? Na první pohled by se to mnohem mohlo zdát, že by se zde měla tkanina spát a vydat dovnitř díky nabíhání cívce proudů 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. V každém průřezu prochází stejným množstvím 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 do 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 ponechány z obou stran otevřené.

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 pržmží vdy stejnou velikost (jinými slovy mají stejnou absolutní hodnotu, což znamená, že éerveně žipka je stejně velká jako modrá). Hodnoty tlaku a podtlaku nastávají se rychlosti proudění, proto jsou žipky u žkého profilu sá vyž - rychlost - proudění - vřazně vř - ne u žir sá pomalým prouděním. Sežeme-li absolutně - hodnoty tlaku a podtlaku v psluáném pržmží, dostaneme dynamický tlak q . Dynamický tlak q tedy bude v každém pržmží vřazně odlišně (o dynamickém tlaku je pojednáno podrobněji v první části seriálu).

U proudění podél profilu na vodní obržku je situace obdobná. Pokud profil stojí, je tlak vzduchu p - sobě - uvnitř a vně profilu roven tlaku atmosférickému, po celém obvodu je stejně a vzájemně se vyrovnávají.

Jakmile se začne vzduch v ži profilu pohybovat, bude se sledně tlak p - sobě - na povrch profilu z vně - strany měnit a uvnitř profilu zvýšovat. éerveně žipky opřt znřzř - tedy podtlak a modré žipky ptlak.

Jak již bylo změno, ptlak³ uvnitř profilu je vřde stejně proto, že se uvnitř profilu vzduch nepohybuje a jeho hodnota je stejně jako u vstupního otvoru do profilu (proto jsou modré žipky uvnitř profilu vřechy stejně veliké).

Pro p - padně vznik vřtlakově sly je vřak dle žitně podtlak po obvodu profilu. Dřky z - živeně - profilu neně po obvodu profilu konstantně (éerveně žipky po jeho vně - m obvodu, jsou řně veliké). éem vř - z - delě - dřhu vzduch podél profilu musí - urazit a jak bylo vysvětleno na p - kladě proudění - vř trubici, musí - vř tak mř - stech proudit rychleji, vřazně zde naroste dynamický tlak a sá nř - m zřroveě podtlak p - sobě - na povrch profilu. Nřř - st podtlaku nastává zpravidla nejvřce v p - edně - ži profilu.

Tam, kde proud vzduchu musí - urazit dřhu kratě - a/nebo kde je zbržděně turbulentně - m proudění - m (vř mezně - vrstvě - konci profilu), proudě - pomaleji a efekt je opačně, podtlak p - sobě - na povrch profilu je vřazně meně.

Se zvyšují - se celkovou rychlostě - proudění - podél profilu a hmotnostě - vzduchu (jinými slovy se zvyšují - m se dynamickě - m tlakem) se budou vřechy žipky (modré i éerveně) po obvodu, vrchlě - ku žmř, zvýšovat (zvřtě rychlost proudění, dynamický tlak se zvýš - 4x a vřechy žipky po obvodu profilu uvnitř i venku také 4x). Se zvyšují - m dynamickě - m tlakem tedy bude paděkově vrchlě - k zř - skřvat na tuhosti, což ovřem nutně neznamená se tě - m automaticky snřžuje riziko kolapsu vrchlě - ku vř turbulentně - m prostě - m. Prož tomu tak je, bude vysvětleno vř - kterě - m zř dalě - ch pokračě - m.

Vznik vřtlakově sly na symetrickě m profilu

Na vodní obržku a tohoto žžku je profil obtěkaně ve směru osy symetrie, a proto jsou tlakově sly na spodně horně - straně profilu osově souměřně a ve směru kolmém na směru proudění - se navzájem vyrovnávají. Vřtlakově p - sobě - kolmo na směru proudění, vř takově m p - padě - nevzniká (je nulová). Soužinitel vřtlaku, kterě /2 od vřtlaku

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 profilem. 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 1/2 v sadkov 1/2 letoun L 410 má vodorovnou ocasní plochu s profilem asymetrickým), Zde je asymetrický profil uváděný pro vztah - srozumitelnost a úplnost vkladu. Ve skydivingu se (pokud je mi známo) 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 vzájemně poměr atmosférický tlaku ká tlaku a podtlaku není možné dost dobře graficky znázornit. Atmosférický tlak se uvažuje 1013hPa standardně - atmosférický tlak hladiny moře, což pro bližší představu odpovídá tlaku vace než deseti tur

3) tlak uvnitř profilu vztlakovou sálu podstatně neovlivňuje, ovšem z praktického hlediska je nesmírně důležité pokud by díky špatnému umístění nebo rovinnosti otvoru došlo k utěsnění a hlučícímu ke změně podtlak (což není v praxi v extrémních turbulenci nereálné), vrcholk by zkolaboval.

Ivan Kraus, krausivan@yahoo.com

Další články autora:

Aerodynamika a Mechanika letu - MANTA nebo BOX?

Aerodynamika a Mechanika letu - Treknův

Aerodynamika a Mechanika letu - 7. část

Aerodynamika a Mechanika letu - 5. část

Aerodynamika a Mechanika letu - 4. díl

Aerodynamika a Mechanika letu - 3. díl

Aerodynamika a Mechanika letu - 2. díl

Aerodynamika a Mechanika letu - 1. díl

Paráštář na sportovní padáku - 2. díl

Paráštář na sportovní padáku - 1. díl