

Numerické řešení proudění při obtékání kmitajícího leteckého profilu

Ing. Václav Šedivý, Ing. Petr Tydlhof, Ph.D.

Abstrakt

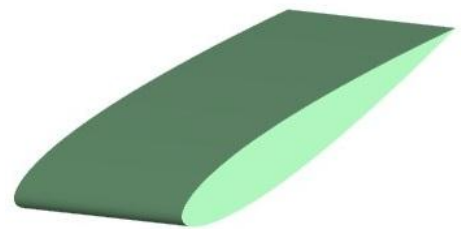
Hlavní náplní práce jsou paralelní výpočty proudových polí na rozsáhlých 3D sítích s časovými proměnnou geometrií metodou konečných objemů. Výpočty byly spuštěny na superpočítačích HAL, FOX (CIVIL VUT) a na výpočetním clusteru Hydra (FM TUL). K numerickému řešení byl použit výpočetní balík OpenFOAM. Na síťování byl pak využit nástroj SnappyHexMesh, který je součástí výpočetního balíku OpenFoam.[4] Pro vizualizaci výsledků pak program ParaView.

Úvod

Numerické řešení vychází z řešení na zkušebním leteckém profilu NACA 0015, řešení bylo provedeno v měřicím prostoru podtlakového zkušebního tunelu ÚT AV ČR [3]. Měly se vlastně kmity leteckého profilu (flutter) a rozložení tlakového pole. Výsledky z řešení pak poslouží při vyhodnocování interakce mezi proudící tekutinou a leteckým profilem (vlastní kmity leteckého profilu)..

Experiment a metody

Geometrie křídla je popsána pomocí rovnice (1). Pro získání co nejpřesnější geometrie byla délka tloučky profilu (65.5 mm) rozdělena na 250 bodů, ve kterých se spočítala hodnota y z dané rovnice, křivka profilu je 80mm. Tyto body byly poté proložené křivkou, kterou je získána výsledná geometrie (Obr. 1). Výsledná geometrie byla převedena do formátu *.stl, Rozměry výpočetní oblasti jsou dány měřicím příprvkem, do kterého byl letecký profil umístěn (580x210x80mm).



Obrázek 1: Model leteckého profilu

$$y = \frac{t}{0,2} c \left[0.2969 \sqrt{\frac{x}{c}} - 0.1260 \left(\frac{x}{c} \right) - 0.3516 \left(\frac{x}{c} \right)^2 + 0.2843 \left(\frac{x}{c} \right)^3 - 0.1015 \left(\frac{x}{c} \right)^4 \right], \quad (1)$$

Kde t je poměr nejvyšší tloučky profilu k délce tloučky, c je délka tloučky, x je příčná poloha bodu na profilu podél tloučky od 0 do c a y je poloviční tloučka profilu pro danou hodnotu x .

Proudění je popsáno pomocí dvou základních rovnic a to rovnicí kontinuity (2) a Navier-Stokesovými rovnicemi (3). Tyto rovnice platí pro nestlačitelné proudění bez přenosu tepla.[2] Kmitání je pak popsáno pevně s jedním stupněm volnosti. Pro samovolné kmitání se nejprve musí určit dynamické vlastnosti leteckého profilu.

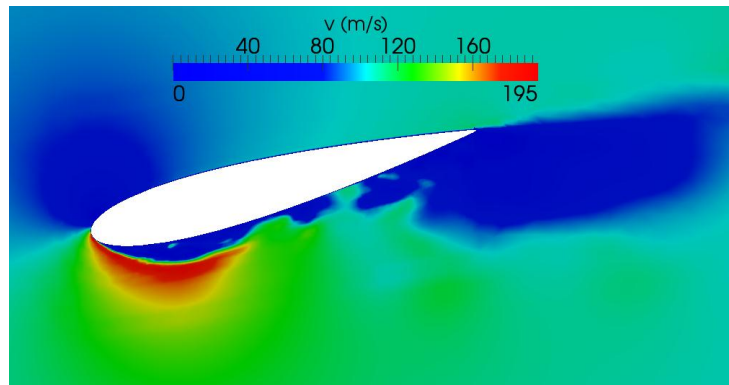
$$\nabla \cdot \vec{u} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial \vec{u}}{\partial t} + (\vec{u} \cdot \nabla) \vec{u} - \nu \Delta \vec{u} + \frac{1}{\rho} \nabla p = 0 \quad (3)$$

Kde \mathbf{u} je rychlost, p je kinematický tlak a ν je kinematická viskozita.

Výsledky a diskuze

Vypo tené numerické e-ení je pro lep-í názornost vizualizováno v prost edí ParaView. Jelikož je zde málo místa na prezentaci ukáflu zde vizualizaci výsledku v blízkosti leteckého profilu. S rostoucí výchytkou leteckého profilu dochází k nár stu rychlosti na náb flné hran , aíl se tento proud stane nestabilní a dojde k jeho odtrflení (Obr. 2). Nestabilita proudu je zp sobena laminární mezní vrstvou na leteckém profilu. To má za následek, fle se v oblasti za k ídlem (úplavu) vytvo í vírová ada. Tento jev je nefládoucí proto se dnes vyrábí k ídla s drsn ým povrchem na náb flné hran , aby docházelo k odtrflení proudu v del-í vzdálenosti za náb flnou hranou.



Obrázek 2: Proudové pole p i 15° výchylce leteckého profilu

Záv r

Jak jsem se již zmínil, prezentované výsledky jsou pro výpo et nestla itelného proud ní. Ve své dal-í práci bych cht l model roz-í it o stla itelnost, jelikož p i v t-ích výchytkách je rychlost p i odtrhávání proud ní vy-í nefl 0.3 Ma, kdy je mořné považovat proud ní vzduchu za nestla itelné. A také roz-í it výpo et o model turbulence, který by umořnil lep-í výpo ty v oblasti úplavu.

Pod kování

Práce byla áste n podpo ena z projektu GA R P101/11/0207 "Coupled problems of fluid and solid mechanics - nonlinear aeroelasticity".

Reference

- [1] J. H. Ferziger; M. Peri . Computational Method for Fluid Dynamics 3rd Edition (2002).
- [2] P ÍHODA, Jaromír; LOUDA Petr. MATEMATICKÉ MODELOVÁNÍ TURBULENTNÍHO PROUD NÍ. 1. vyd. Praha: eské vysoké u ení technické v Praze, 2009. 111 s. ISBN 987-80-01-03623
- [3] Ing. Václav Vl ek, CSc., Ing Jan Kozánek, CSc., Institute of Thermomechanics, Academy of Sciences of the Czech Republic, Dolej-kova 5, 182 00, Praha 8, Czech Republic
- [4] Open FOAM *The Open Source CFD Toolbox* User Guide [online] Version 2.1.0 15th December 2011 [cit. 14. kv tna 2012] URL: <<http://foam.sourceforge.net/docs/Guides-a4/UserGuide.pdf>>