

# Posudek na diplomovou práci

## Numerické modelování proudění s pasivní příměsí

pana

**Jakuba Tejchmana**

Předložená práce se zabývá numerickým řešením proudění v mezní vrstvě atmosféry se zahrnutím modelu pro šíření pasivní příměsi. Proudění je modelováno buď jako pohyb nestlačitelného média bez uvažování tíhových sil a nebo jako pohyb nestlačitelného média s uvažováním tíhových sil pomocí tzv. Boussinesqovy aproximace. Pohyb pasivní příměsi je modelován pomocí dodatečné rovnice typu konvekce-difuze pro koncentraci. Model pro pohyb příměsi zahrnuje také sedimentaci vlivem tíhových sil. Pro numerické řešení těchto modelů autor využívá softwarový balík OpenFOAM, do kterého samostatně doprogramoval model pro pasivní příměs. Pomocí takto rozšířeného softwaru pak řeší úlohu obtékání překážky s uvažováním příměsí.

Práce působí na první pohled velmi dobrým dojmem. Autor popisuje jak použité modely, tak postupy získání výsledků. Své výsledky pak komentuje a srovnává s referenčními daty získanými týmem školitele na ÚTM pomocí jiného softwaru. Práce však bohužel obsahuje i několik chyb, přičemž některé z nich jsou dle mého názoru závažné:

### Závažné nedostatky:

- Na str. 25-26 autor popisuje „testování“ či „nastavení“ Smagorinského a jednorovnicového modelu. Jak vyplývá z textu, autor se snažil „nastavit“ parametry modelu tak, aby výsledkem bylo ustálené proudění. To je naprosto nesmyslný a špatný přístup. Navíc je ve sporu s principem LES metody, kdy by numericky predikované proudové pole mělo být nestacionární s tím, že by měly být zachyceny efekty velkých vírů. V programu OpenFOAM jsou standardně nastaveny hodnoty parametru  $c_k=0.094$  a  $c_e=1.048$ , což spolu s volbou  $c_\Delta=1$  vede na „standardní“ hodnotu Smagorinského modelu  $c_s=0.17$ . Autor testuje parametry  $c_k$  a  $c_e$  v rozsazích, které tyto standardní hodnoty neobsahují a autorem doporučené nastavení vede na hodnotu  $c_s=1.6$ . V literatuře se přitom uvádí rozsah  $c_s$  mezi 0.1 a 0.25. Ve výsledku to vede k nadhodnocení  $u_{SGS}$  o dva řády (pozn. ve vzorci 4.15 má být  $c_s^2$ ). Celý postup „nastavení“ parametrů modelu bohužel vyvolává dojem, že **autor naprosto nepochopil princip LES metody**.
- Pro výpočet v LES režimu bylo použito schéma upwind 1. řádu přesnosti. To je pro danou úlohu nevhodné. Autor si tohoto problému je vědom a v poznámce na straně 32 na tento problém sám upozorňuje.

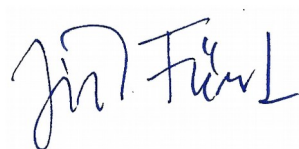
### Drobné chyby:

- V definici Reynoldsova teorému na str. 5 není uveden význam vektorů  $u$  a  $v$ . Ve vztahu 1.7 je použito  $u$  a  $v$  1.8 v.
- V odvození rovnice kontinuity (3.2) je chybně uvedeno, že integrace je přes libovolný kontrolní objem. Správně má být integrace přes materiálový objem.
- U stavové rovnice ideálního plynu (3.8) je uvedeno, že platí pro „plyn o jednotkovém objemu“. Ve skutečnosti tato rovnice na objemu plynu nezávisí.
- Při odvození rovnice kontinuity (3.23) je chybně použit symbol  $q$ . Zřejmě zde má být hustota hmotnostního toku  $q_m$  (zřejmě se jedná o překlep)
- V definici tenzoru napětí (4.7) je použit nevysvětlený symbol  $symm$ .

- Popis schémat pro konvekční člen na straně 31 je poněkud zmatečný. Ve vzorci (4.30) je  $r$  vektor, ve (4.31) je  $r$  definován jako skalární součin a tedy jako skalár, ve vzorci (4.32) má  $r$  opět jiný význam a je definováno opět jinak.
- Popis algoritmu PIMPLE na str. 42 není srozumitelný a dle mého názoru neodpovídá
- Autor neuvádí okrajové podmínky pro model jednorovnicový LES model a k-omega SST SAS model.

S přihlédnutím k tomu, že problematika LES je poměrně obtížná a její dobré zvládnutí se rozsahem vymyká běžné náplni magisterského studia, lze práci doporučit k obhajobě. Bohužel však nemohu navrhnout známku lepší než **C – dobře**.

V Praze 4.2.2016

A handwritten signature in blue ink, reading "Jiří Fůrst". The signature is written in a cursive style with a large initial 'J'.

Doc. Ing. Jiří Fůrst, PhD.