

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Modifications of RANS turbulence model for wall bounded flows
Jméno autora:	Michal Mikluš
Typ práce:	díplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta strojní (FS)
Katedra/ústav:	12101
Oponent práce:	Doc. Ing. Petr Louda, PhD
Pracoviště oponenta práce:	FS ČVUT

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadání práce požaduje vedle studia vyspělejších modelů turbulence a jejich aplikace ve výpočtech také modifikaci těchto modelů. Implicitně se předpokládá, že modifikace má přinést zlepšení určitých vlastností modelu, ať už přesnosti aproximace nebo snížení výpočetní náročnosti, popř. zlepšení robustnosti výpočtu. Volba byla na studentovi. Zadání lze hodnotit jako náročnější.	

Splnění zadání	splněno
<i>Posudte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i>	
Autor se v práci zabývá všemi 4 body zadání. Simulace byly provedeny pro 2 případy proudění. Zadané modely autor rozebírá z hlediska vlastností a model k-epsilon-phi-f použil při simulacích. Z modifikací jsou diskutovány a použity úprava produkce Kato-Launder, Yapova korekce produkce epsilon a nutné podmínky správnosti Reynoldsových napětí. Splnění posledního bodu je možné vidět v realizaci posledního typu modifikací, které se liší podle konkrétní implementace v modelech turbulence. Jako nejvhodnější autor zjistil implemencaci pomocí omezení časového měřítka turbulence.	

Zvolený postup řešení	správný
<i>Posudte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Autor zvolil modely turbulence k-eps-v2-f a k-e-phi-f v rámci řešiče OpenFoam, kde se pokusil zlepšit přesnost modelů na dvou testovacích případech. Pro simulace zvolil impaktní proud ERCOFTAC s přestupem tepla a proudění v periodickém (nekonečném) kanálu se 2 ohyby, kde existují data z přímé simulace. Volba impaktního proudu je logická, protože zvolené modely na něm byly také vyvíjeny a předpokládanou modifikací je pak vhodné testovat na stejném případě. Na druhou stranu jde o obtížný případ, kde předpoklad turbulentní vazkosti už z principu nemůže příliš dobře fungovat. V rámci tohoto předpokladu autor testoval různé varianty omezení turbulentního napětí popř. produkce turbulentní energie. Jako nejlepší se ukázalo omezení Reynoldsových napětí na základě nutných podmínek správnosti („realizability“). Snahu o fyzikálně odůvodněné modifikace lze také označit za správnou. Efekt různých modifikací autor hodnotí z hlediska teorie proudění, pomocí referenčních dat a svých testů výpočtem. Zajímavé jsou modifikace rovnice pro disipaci epsilon, která obsahuje nejvíce modelových aproximací.	

Odborná úroveň	B - velmi dobře
<i>Posudte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Autor uvažované modely posuzuje z hlediska jejich nedostatků a snaží se příčiny vysvětlit, což ukazuje, že si osvojil teoretické znalosti tématu a umí je využít, i schopnost používat literaturu. Výhrady mám k teoretickému úvodu práce, kde není naznačeno odvození středovaných Navierových-Stokesových rovnic (1), ani definováno středování. Bohužel také chybí transportní rovnice pro složky Reynoldsových napětí, ze kterých diskutované modely vycházejí a aproximují jejich členy. Je to překvapivé, protože na některé členy těchto rovnic se autor v diskuzích odkazuje. Stejně tak pro diskuzi modifikací v rovnici pro disipaci epsilon by bývalo bylo vhodné uvést její exaktní tvar a pokusit se nové členy vztáhnout k exaktním členům.	

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce

B - velmi dobře

Posudte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posudte typografickou a jazykovou stránku.

Práce je psána anglicky, přičemž jazyková úroveň je dobrá, i když některé obraty jsou spíše neformální až hovorové. Tiskové chyby se snad nevyskytují. Z rovnic jsou číslovány patrně jen ty, na které se autor v textu odkazuje, což je v rozporu s chvályhodnou zvyklostí číslovat všechny. Kromě toho to ztěžuje recenzování práce. Obrázky jsou zřetelné, s dobře čitelnými popisy os a grafů. Popisy pod obrázky ale někdy nejsou dostatečně specifické (např. chybí typ proudění nebo modifikace modelu, kterých se obr. týká).

Výběr zdrojů, korektnost citací

A - výborně

Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posudte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.

Seznam literatury má 46 položek, což je vzhledem k rozsahu práce přiměřené. Určitá útržkovitost teoretických rozborů je do určité míry kompenzována právě odkazy, v elektronické verzi aktivními, pokud jsou zdroje přístupné.

Další komentáře a hodnocení

Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.

Některé pojmy nejsou definovány, např. „homogenous assumption“ (str. 11), do redistribučního členu ζ_{ij} (str. 11) je ne zcela důvodně zahrnuta i disipace (anizotropní část). Neúplnost teorie, co se týče rovnic, už byla zmíněna. Je zřejmé, že autor provedl řadu testovacích výpočtů s různými modely turbulence a jejich modifikacemi. Bohužel je to zřejmé spíše jen z popisu grafů. Text je psán stylem, kde není zcela jasné, co je převzato z literatury, co upraveno, co bylo nově implementováno do řešiče OpenFoam a co už obsahoval. Je tedy možné, že recenzent některý přínos autorovy práce přehlédl. Popis numerické metody je slabším místem práce. Není zřejmé, jak jsou modely implementovány, co se týče linearizace a začlenění do iteračních procesů samotného řešiče.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uveďte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.

Student zadání splnil a prokázal svoje znalosti a schopnosti využívat poznatky. Vzhledem k tomu, že některé části práce by si zasloužily větší rozpracování, včetně zdůraznění vlastní práce studenta, tak práci hodnotím stupněm B. Vzhledem k tomu, že numerické metodě nebylo v práci věnováno dostatek pozornosti by bylo vhodné, aby se autor vyjádřil k otázce:

Autor se soustředil na modifikace modelu k-eps-phi-f. V práci ale není popsáno jeho začlenění do samotného řešiče SIMPLE. Jak se např. řeší Poissonova rovnice pro f ? Řeší se v každém časovém kroku přesně nebo je splněna až při konvergenci řešení?

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **B - velmi dobře**.

Datum: 20/08/2023

Podpis: