

# Posudek vedoucího diplomové práce

**Bc. Tomáše LEVÉHO**

(ZČU v Plzni, FAV, *studijní program*: N3955 Počítačové modelování v inženýrství, *obor*: Aplikovaná mechanika)

zpracované na téma

## **Modelování turbulentního proudění stlačitelných tekutin pomocí vhodných RANS modelů turbulence**

---

Předložená diplomová práce **Bc. Tomáše Levého** je zaměřena na velice aktuální problematiku z oblasti výpočtové dynamiky tekutin (CFD), kterou bezesporu je numerické modelování turbulentního proudění stlačitelných tekutin s aplikacemi ve vnější aerodynamice.

Cílem práce bylo detailně popsat vybrané modely turbulence (konkrétně se jedná o jednorovnicový model Spalart-Allmaras a dvourovnicový model k-omega SST), navrhnout algoritmy pro jejich řešení, implementovat je do vlastního vyvíjeného softwaru ve výpočtovém prostředí MATLAB pro numerické řešení turbulentního proudění stlačitelné newtonské tekutiny a následně provést numerické výpočty na zvolených testovacích úlohách, a sice obtékání rovné desky a proudění kolem zakřivené stěny, jejichž numerické výsledky jsou dostupné v databázi *NASA Turbulence Modeling Resource*, a verifikovat tak správnost implementace navržených algoritmů.

Prostorová diskretizace nelineárního systému Navierových-Stokesových rovnic středovaných podle Favra (FANS) uzavřeného jedním z výše zmíněných modelů turbulence byla provedena pomocí metody konečných objemů formulované pro strukturovanou čtyřúhelníkovou síť. Nevazké numerické toky stěnami kontrolních objemů jsou aproximovány pomocí AUSM schématu. Za účelem zvýšení jeho řádu přesnosti je použita lineární rekonstrukce řešení s minmod limiterem. Vazké numerické toky jsou aproximovány centrálně s přesností druhého řádu v prostorové proměnné na duální síti. Integrace v čase je realizována pomocí explicitní dvoustupňové Rungeovy-Kuttovy metody druhého řádu přesnosti.

Na tomto místě je třeba zdůraznit, že předložená diplomová práce si nekladla za cíl přinést nové poznatky v oboru modelování turbulentního proudění, který je již po mnoho let rozvíjen na řadě pracovišť v ČR a v zahraničí. Vzhledem k praktické využitelnosti modelování turbulentního proudění, s nímž se setkáváme v převážné většině technických aplikací, se ale jedná o práci, kterou je možné v budoucnu dále rozvíjet. Za hlavní přínos celé práce lze bezesporu považovat to, že se autor pokusil detailním způsobem zmapovat jeden z možných přístupů modelování turbulentního proudění, kterým je středování nelineárního systému NS rovnic podle Favra. Text práce je koncipován tak, že umožňuje uživatelům komerčních výpočtových systémů, kterými jsou např. ANSYS Fluent či CFX, seznámit se hlouběji se základními principy modelování turbulentního proudění stlačitelných tekutin pomocí metody konečných objemů a se způsoby implementace výše zmíněných modelů turbulence včetně detailního rozboru implementace příslušných okrajových podmínek. Snahou autora zároveň bylo poukázat na možná úskalí, která jsou spojena s konkrétním řešením rovnic modelů turbulence. Díky tomu může tato práce posloužit jako základní studijní materiál i dalším studentům se zájmem o tuto problematiku. Jsem přesvědčen, že tato diplomová práce bude cenným východiskem pro další vědecko-výzkumnou práci autora v rámci doktorského studia.

Mohu konstatovat, že všechny stanovené cíle práce byly splněny. Diplomant **Tomáš Levý** začal systematicky pracovat na zadaném tématu diplomové práce od 1. ročníku navazujícího magisterského studia. Je třeba vyzdvihnout jeho veliké nasazení. Navrhované postupy a způsoby řešení se mnou pravidelně konzultoval. Tím, že diplomant dokázal

samostatně implementovat dva vybrané RANS modely turbulence do vlastního vyvíjeného software pro numerické řešení proudění stlačitelných tekutin, jednoznačně prokázal, že porozuměl základním principům modelování turbulentního proudění a je schopen tuto problematiku dále rozvíjet. Výsledky své diplomové práce mimo jiné rovněž prezentoval na Studentské vědecké konferenci FAV, na níž obsadil 2. místo mezi studenty navazujících magisterských studijních programů na FAV. Diplomová práce je vypracována velice pečlivě a má jasnou logickou strukturu. Po obsahové stránce je práce na vysoké odborné úrovni. Problematika řešená v této práci překračuje místy obsahový rámec přednášek na FAV, a proto je potřeba vyzdvihnout i to, že se diplomat musel sám seznámit s řadou nových poznatků, které využil při řešení této diplomové práce. K předložené diplomové práci nemám žádné výhrady, doporučuji ji k obhajobě před komisí pro SZZ a hodnotím ji známkou

*výborně.*

V Plzni, dne 21. června 2019

doc. Ing. Jan Vimmr, Ph.D.  
vedoucí diplomové práce