

# Posudek vedoucího bakalářské práce

**Jana Basla**

(ZČU v Plzni, FAV, *studijní program*: B3947 Počítačové modelování v technice, *studijní obor*: Výpočty a design)

zpracované na téma

## **Modelování proudění stlačitelných tekutin se zaměřením na vnitřní aerodynamiku**

---

Bakalářská práce o rozsahu 56 stran textu včetně obrázků se zabývá základními principy matematického modelování proudění stlačitelných tekutin s aplikací do oblasti vnitřní aerodynamiky. Hlavním záměrem této bakalářské práce bylo uvedení studenta Jana Basla do složité problematiky matematického modelování proudění stlačitelných neviskózních a tepelně nevodivých tekutin a laminárního proudění stlačitelných newtonských tekutin od sestavování odpovídajících matematických modelů tvořených nelineárními systémy Eulerových a Navierových-Stokesových rovnic až po jejich numerické řešení včetně implementace různých typů okrajových podmínek, s nimiž je možné se setkat při řešení problémů z oblasti vnitřní aerodynamiky. Cílem práce bylo navrhnout vlastní algoritmy nejjednodušších numerických metod používaných pro řešení těchto problémů a na jejich základě vyvinout vlastní software, pomocí něhož by bylo možné provést numerické simulace proudění stlačitelné tekutiny pro několik vybraných problémů z oblasti vnitřní aerodynamiky. Jedná se o bakalářskou práci, proto vlastní přínos studenta je nutné spatřovat v tom, že dokázal obecně známé a v praxi mnohokrát osvědčené numerické metody vhodně implementovat ve výpočtovém prostředí MATLAB a porozumět tak základním přístupům numerického řešení těchto složitých problémů proudění tekutin. Velice si cením toho, že se nespokojil pouze s rutinním využíváním profesionálních výpočtových systémů často bez hlubších znalostí toho, jak vlastně tyto výpočtové systémy fungují.


Pro prostorovou diskretizaci nelineárních systémů Eulerových a Navierových-Stokesových rovnic ve 2D student implementoval metodu konečných objemů formulovanou pro strukturované čtyřúhelníkové síť. Aproximaci neviskózních numerických toků provedl pomocí známého explicitního dvoukrokového MacCormackova schématu s umělou vazkostí Jamesonova typu pro utlumení disperzního chování tohoto schématu. Vazké numerické toky aproximoval centrálně na duální čtyřúhelníkové síti. Vyvinutý software verifikoval pomocí numerického řešení známého testovacího problému, kterým je proudění stlačitelné neviskózní a tepelně nevodivé tekutiny ve 2D GAMM kanále. Pomocí vyvinutého softwaru dále provedl numerické řešení konkrétního problému technické praxe zadaného firmou Doosan Škoda Power s.r.o., totiž proudění stlačitelné neviskózní a tepelně nevodivé tekutiny v lopatkové mříži na středním průměru rotoru posledního stupně M6 parní turbíny. Autorem dosažené numerické výsledky byly navíc porovnány s výsledky získanými užitím profesionálního výpočtového systému ANSYS Fluent a z uvedeného porovnání je zřejmá velmi dobrá shoda. Konečně student pomocí jím vyvinutého softwaru se pokusil o numerické řešení proudění stlačitelné vazké newtonské tekutiny kolem 4% symetrického 2D profilu tvořeného dvěma částmi kruhového oblouku. Geometrie výpočtové oblasti byla záměrně volena tak, aby bylo možné použít laminární model proudění.

Mohu konstatovat, že cíle stanovené v této bakalářské práci byly splněny. Student Jan Basl pracoval na tématu bakalářské práce systematicky již od začátku 2. ročníku studia, kdy se postupně seznamoval s výchozími rovnicemi popisujícími proudění stlačitelných vazkých tekutin, s matematickými vlastnostmi základních modelů proudění stlačitelných tekutin tvořených nelineárními systémy Eulerových a Navierových-Stokesových rovnic, s formulací příslušných okrajových podmínek a dále pak se základními numerickými metodami pro řešení

obyčejných diferenciálních rovnic, lineárních a nelineárních skalárních parciálních diferenciálních rovnic a nelineárních systémů hyperbolických PDR. Díky svému nasazení dokázal hlouběji proniknout do principů numerického řešení nelineárních systémů hyperbolických PDR pomocí metody konečných objemů včetně implementace příslušných okrajových podmínek. Velice kladně hodnotím skutečnost, že student dokázal téměř samostatně bez mojí větší pomoci překonat všechna úskalí, s nimiž se potýkal při tvorbě vlastního softwaru. Domnívám se, že bakalářská práce Jana Basla je dobrým výchozím bodem pro zpracování kvalitní diplomové práce, v níž by se student mohl zaměřit na implementaci modernějších numerických schémat a jejich rozšíření do 3D a zejména pak na modelování turbulentního proudění tak, aby jím vyvíjený software bylo možné využívat pro numerické řešení složitějších úloh technické praxe. Závěrem lze říci, že tato práce splňuje všechny požadavky kladené na bakalářské práce, má vysokou teoretickou úroveň, a proto ji hodnotím známkou

***výborně.***

V Plzni dne 23. června 2017

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