

**Posudek diplomové práce Bc. Marka Pátého**  
**Simulace transsonického proudění s nerovnovážným fázovým**  
**přechodem**

Práce se zabývá matematickým modelováním dvoufázového proudění vody a vodní páry s nerovnovážným přechodem a následně pak numerickým řešením tohoto proudění v Barschdorffově dýze v 1D a 2D a v lopatkové mříži axiální turbíny ve 2D. V práci je použit matematický model stlačitelného neviskózního proudění spolu s jednoduchým modelem dvoufázové tekutiny s nerovnovážným fázovým přechodem. Tento model umožňuje zlepšit kvalitu dosahovaných numerických výsledků oproti jednofázovému modelu a zároveň jen mírně zvýšit výpočetní náročnost oproti složitějším modelům dvoufázového proudění. Numerické řešení je realizováno metodou konečných objemů s použitím buď klasického Laxova-Friedrichsova schématu s umělou disipací nebo modernějšího AUSM schématu.

Práce je rozdělena do čtyř částí. V první části je stručně odvozen matematický model jednofázového proudění stlačitelné neviskózní tekutiny až po zjednodušení ke quasi-1D Eulerovým rovnicím. Dále je formulována úloha pro řešení 1D a 2D jednofázového proudění v dýze a v lopatkové mříži axiální turbíny spolu s diskuzí okrajových podmínek. Druhá část se zabývá numerickým řešením 1D jednofázového proudění v dýze metodou konečných objemů. Bylo použito Laxovo-Friedrichsovo schéma se sníženou viskozitou pro náhradu neviskózních toků a explicitní Eulerova metoda pro náhradu časové derivace. Na případu 1D dýzy je analyzován vliv volby koeficientu umělé vazkosti. Třetí část pojednává o numerickém řešení 2D jednofázového proudění. Nejprve je popsáno Laxovo-Friedrichsovo a AUSM schéma ve 2D, následně je provedeno numerické řešení 2D jednofázového proudění v Barschdorffově dýze a srovnání řešení v 1D a ve 2D. Numerické řešení 2D proudění lopatkovou mříží ukazuje ve srovnání s experimentem na nevhodnost použití Laxova-Friedrichsova schématu a naopak prokazuje relativně dobrou shodu v případě užití schématu AUSM. Čtvrtá část pojednává o proudění páry s fázovým přechodem. Medium je modelováno jako směs. Je představen algoritmus modelu kondenzace v 1D a ve 2D a provedeno numerické řešení quasi-1D a 2D proudění dýzou a jeho srovnání s experimentem, které ukazuje na značné vylepšení numerických výsledků oproti výpočtu bez kondenzace. Nakonec byl proveden výpočet proudění páry na lopatkové mříži SE1050 a jeho srovnání s cizím výpočtem se složitějším modelem kondenzace, které ukazuje, že při zpřesnění kritéria pro počátek kondenzace je jednoduchý model schopen dávat srovnatelné výsledky při nižší výpočetní náročnosti. Předložená práce dosáhla zadaných cílů, tj. podařilo se vyvinout výpočetně nenáročný model dvoufázového proudění vody a vodní páry a provést jeho

implementaci do autorem vyvinutého programu. Presentované výsledky prokazují, že přestože není přesně zachycen vlastní průběh kondenzace, získané průběhy veličin jeví dobrou shodu při srovnání s experimentem, případně s cizím kódem. Práce je napsána velmi pěkně jak po textové tak po grafické stránce.

Práci navrhuji hodnotit výborně.

Doplňující dotazy:

- Proč je reziduum hustoty v 1D případě omezeno hodnotou  $\leq 10^{-8}$  a ve 2D případě hodnotou  $\leq 10^{-4}$ ? Bez uvedení grafu průběhu rezidua také není jasné o kolik řádů toto reziduum kleslo.
- Bylo by možné uvést srovnání náročnosti výpočtu při užití jednoduššího a složitějšího modelu kondenzace?

V Praze dne 12.08.2015

Ing. Vladimír Prokop, Ph.D.