

Posudek školitele na diplomovou práci studenta zaměření MM oboru MI

Bc. Michala Malíka

Matematické modelování dvoufázového proudění pomocí mřížkové Boltzmannovy metody

Předložená diplomová práce (DP) se zabývá studiem simulací vícefázového proudění ve dvou dimenzích, konkrétně simulacemi dvoufázového dvoukomponentního proudění.

Autor DP přehledně rozdělil do deseti kapitol (nepočítaje úvod a závěr), které svým obsahem postupně na sebe navazují. V první kapitole je sepsána fyzikální motivace pro následně simulované úlohy. V druhé kapitole jsou formulovány matematické modely pro mísitelné a nemísitelné proudění, na které se autor dále v textu odkazuje. V třetí kapitole je uvedena numerická mřížková Boltzmannova metoda (LBM), kterou autor používá pro řešení úloh z kapitoly 2.

Ve čtvrté a páté kapitole jsou uvedeny konkrétní tvary numerických modelů použitých v této práci. Pro řešení mísitelného proudění autor použil Shanovu-Dooleanovu metodu. Řešení nemísitelného proudění je založené na numerickém LBM řešení Allenovy-Cahnovy rovnice popisující rozhraní mezi nemísitelnými tekutinami a LBM aproximující Navierovy-Stokesovy rovnice pro nestlačitelnou tekutinu. Tyto modely jsou v další kapitole analyzovány pomocí zpětné asymptotické analýzy. Konkrétně nejprve jsou rekonstruovány rovnice pro mísitelné proudění. Autor ukázal, že Shanova-Dooleanova metoda neřeší přesně makroskopické rovnice uvedené v kapitole 2. Z tohoto důvodu byla navržena modifikace, která Shanovu-Dooleanovu metodu upraví tak, aby získané rovnice byly shodné s rovnicemi v kapitole 2. Dále je analyzován numerický model pro Allenovu-Cahnovu rovnici. Získané rovnice se shodují s rovnicemi uvedenými v kapitole 2.

Osmá kapitola obsahuje shrnutí vztahů pro analýzu numerických výsledků z kapitoly devět a deset. V deváté kapitole je testována LBM pro mísitelné tekutiny. Autor tuto metodu testuje z hlediska konvergence a zachování hmoty celkem na 2 úlohách. V první úloze je vyšetřován vliv volby reálného parametru na separaci fází, tj. hledá se hodnota určující hranici, kdy daný model simuluje spíše mísitelné, resp. nemísitelné tekutiny. Dále je v této úloze zkoumána vlastnost zachování hmoty obou komponent v čase. V druhé úloze je řešena úloha přilnavosti smáčivé tekutiny k pevné stěně. Výsledky jsou srovnány s daty dostupnými v literatuře a je určen experimentální řád konvergence. Nakonec je opět vyšetřeno zachování hmoty, přičemž se ukázalo, že navržená numerická metoda hmotu nezachovává a dochází k nárůstu hmoty. Autor uvádí, že možným důvodem pro tento děj jsou použité okrajové podmínky a vztahy aproximující interakci smáčivé tekutiny se stěnou.

Poslední kapitola představuje numerické testy pro numerický model nemísitelných tekutin. Navržený numerický model je testován celkem na 4 různých úlohách. První úloha je inspirovaná první úlohou z předchozí kapitoly a je v ní určen experimentální řád konvergence a vyšetřeno zachování hmoty. Ukázalo se, že navržená metoda nekonverguje k předpokládanému řešení, a že hmota fází se zachovává. Druhá úloha se liší od první jen v počátečním nastavení. Výsledky získané v této úloze jsou obdobné jako v úloze 1. Třetí

úloha je inspirovaná druhou úlohou z předchozí kapitoly a též vyšetřuje přilnavost smáčivé tekutiny ke stěně. Spočtené úhly mezi smáčivou tekutinou a stěnou byly porovnány s výsledky z literatury. Dále se ukázalo, že stejně jako u mísitelného modelu dochází k nezachování celkové hmoty tekutin v čase. V poslední úloze je vyšetřován časový průběh Rayleighovy-Taylorovy nestability v čase. Získané výsledky jsou porovnatelné s výsledky dostupnými v literatuře.

V této DP je třeba ocenit přehlednou strukturu celé práce a přehledné zpracování částí s matematickými a numerickými modely obou typů tekutin. Dále je patrné, že autor věnoval nemalé úsilí studiu, implementaci a otestování prezentovaných numerických metod. Ačkoliv jsou všechny programy, které autor vytvořil, založené na již existující kódu vyvíjeném na KM FJFI, ČVUT v Praze, bylo třeba provést velké množství změn. Nakonec oceňuji, že si autor dal nemalou práci s odstraněním faktických chyb a překlepů.

Výsledky získané v rámci této DP jsou velmi cenné, neboť nejsou k nalezení v dostupné literatuře a jsou potřebné pro správné provedení simulací vícefázového proudění reálných problémů.

Zadání DP bylo plně splněno. Práci považuji za velmi zdařilou a doporučuji ji k obhajobě. Protože tato práce není nikterak triviální a Michal ji velmi dobře zpracoval navrhuji práci hodnotit známkou **A (výborně)**.

Ing. Pavel Eichler
KM FJFI ČVUT v Praze
Trojanova 13
120 00 Praha 2

V Praze dne 20. května 2021