

# Oponentní posudek bakalářské práce

**Davida Hrona**

zpracované na téma

## **Numerické řešení vybraných problémů neizotermického proudění nestlačitelných kapalin pomocí lattice Boltzmannovy metody**

Práce zabývající se náročnou problematikou matematického modelování proudění nestlačitelných newtonovských kapalin, která byla předložena k posouzení, je rozdělena do pěti kapitol. Přičemž cíle a popis jednotlivých částí jsou srozumitelně stanoveny v jejím úvodu.

V první a druhé části práce student uvádí základní teoretický aparát k pochopení lattice Boltzmannovy metody a následně odvozuje její základní diferenční schéma. Poté je velká část práce věnována implementaci metody. Autor zde prezentuje použitý rychlostní model, způsob aproximace kolizního operátoru a dva hlavní kroky algoritmu metody, kolizi a propagaci. Po uvedení základních principů lattice Boltzmannovy metody, je relativně rozsáhlá část věnována okrajovým podmínkám. Toto považuji za důležité, protože pro lattice Boltzmannovu metodu je implementace okrajových podmínek, zejména u neizotermických problémů, jednou z nejvíce problémových částí její algoritmizace. Z výkladu v této části práce, který je provázen množstvím názorných obrázků, je zřejmé, že student danou problematiku velice dobře pochopil. Dovolím si však pár poznámek k terminologii. Nazývat jeden ze základních kroků algoritmu jako distribuce, může být matoucí a snadno zaměnitelné s diskrétní hodnotou distribuční funkce. Vhodnější název je např. propagace. Dále pak může být zavádějící mluvit o pravé straně lattice Boltzmannovy rovnice jako o kolizi. A v neposlední řadě by bylo vhodnější namísto makroskopické hustoty kapaliny mluvit spíše o tlaku.

Ve třetí části práce je vysvětleno, jakým způsobem jsou převáděny fyzikální jednotky, do systému jednotek, se kterými pracuje lattice Boltzmannova metoda. Dále jsou zde rozebrána podobnostní čísla týkající se simulovaných fyzikálních úloh. Ocenil jsem, že student tuto kapitolu zařadil do své práce, a opět tím prokazuje, že se v dané problematice dobře orientuje.

Poslední dvě části práce jsou věnovány dosaženým numerickým výsledkům simulací jak izotermického, tak neizotermického proudění nestlačitelné vazké kapaliny na vybraných příkladech. Konkrétně bylo řešeno 2D proudění ve čtvercové kavitě. Nejprve s pohyblivou horní stěnou a poté s uvažováním pohybu všech čtyř stěn. Oba případy byly řešeny jak pro izotermické, tak neizotermické proudění. Všechny prezentované výsledky jsou pečlivě porovnány s literaturou a tím ověřena správnost vlastní implementace uvedených algoritmů.

Ke studentovi bakalářského studia bych měl v rámci obhajoby následující dotaz:

- Pro úlohu proudění v kavitě s pohyblivou stěnou ve variantě s  $Re = 100, 400$  a  $3200$  uvádíte použití „multi-relaxačního“ modelu. Zkoušel jste tyto úlohy počítat pomocí „single-relaxačního“ modelu?

Po formální stránce je bakalářská práce na velice dobré úrovni. Má logickou strukturu, je napsána přehledně a relativně dobrou češtinou. Mohu konstatovat, že všechny cíle formulované v zadání bakalářské práce byly splněny. Předložená bakalářská práce splňuje všechny požadavky kladené na kvalifikační práce tohoto druhu. Výše uvedené připomínky nesnižují nijak kvalitu této práce, a proto ji hodnotím známkou „**v ý b o r n ě**“ a jednoznačně ji doporučuji k obhajobě před komisí SZZ na Katedře mechaniky Fakulty aplikovaných věd Západočeské univerzity v Plzni.

V Plzni dne 20. července 2020

Ing. Václav Heidler Ph.D.