

Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě
Univerzity Karlovy

- posudek vedoucího posudek oponenta
 bakalářské práce diplomové práce

Autor: Bc. Jan Hrůza
Název práce: Numerické simulace interakce mezi prouděním tekutiny a tuhými částicemi
Studijní program a obor: Matematické modelování ve fyzice a technice
Rok odevzdání: 2022

Jméno a tituly oponenta: RNDr. Ondřej Souček, Ph.D.
Pracoviště: Matematický ústav, MFF UK
Kontaktní e-mail: ondrej.soucek@mff.cuni.cz

Odborná úroveň práce:

- vynikající velmi dobrá průměrná podprůměrná nevyhovující

Věcné chyby:

- téměř žádné vzhledem k rozsahu přiměřený počet méně podstatné četné závažné

Výsledky:

- originální původní i převzaté netriviální kompilace citované z literatury opsané

Rozsah práce:

- veliký standardní dostatečný nedostatečný

Grafická, jazyková a formální úroveň:

- vynikající velmi dobrá průměrná podprůměrná nevyhovující

Tiskové chyby:

- téměř žádné vzhledem k rozsahu a tématu přiměřený počet četné

Celková úroveň práce:

- vynikající velmi dobrá průměrná podprůměrná nevyhovující

Slovní vyjádření, komentáře a připomínky oponenta:

Předložená práce se zabývá úlohou matematického modelování interakce tuhých částic s prouděním okolní tekutiny. Motivací pro vznik práce a studovanou úlohu je proudění krve, které lze v nejjednodušším přiblížení chápat jako směs newtonovské tekutiny - krevní plazmy - a červených krvinek. Cílem práce bylo zjistit, zda přítomnost částic v newtonovské tekutině umožňuje získat chování efektivní viskozity takové směsi, které by vykazovalo neneutronovské jevy, speciálně tzv. “shear thinning”, pozorovaný právě v případě krve. Úloha je studována ve zjednodušené dvourozměrné geometrii.

Práce je rozdělena do čtyř kapitol. V první kapitole je uvedena matematická formulace zjednodušeného modelu, v němž je pohyb částic zadán. Za tohoto předpokladu je studována přesnost a efektivita implementace úlohy pomocí tzv. Arbitrary Lagrangian-Eulerian (ALE) metody realizované v knihovně FEniCS, a to zejména z pohledu přesnosti výpočtu odporové síly působící na částici. Ve druhé kapitole je zformulována komplexnější úloha - pohybové rovnice pro kapalinu vyjádřené systémem nestlačitelných Navier-Stokesových rovnic jsou doplněny dvojicemi obyčejných diferenciálních rovnic pro translační a rotační pohyb tuhých částic, které jsou s pohybem kapaliny svázány mechanickými podmínkami spojitosti rychlosti na rozhraních částic a kapaliny. Slabá formulace tohoto provázaného problému není triviální neboť samotné podmínky spojitosti je třeba formulovat slabě pomocí tzv. Nitscheho metody. Obdobně netriviální je volba vhodné techniky pro pohyb výpočetní sítě, kde autor úspěšně překonal několik obtíží spojených se ztrátou přesnosti v důsledku explicitní časové integrace pohybu částic. Autor dále zmiňuje převzatý přesíťovací algoritmus, který používá k nutným opravám postupně degradující výpočetní síť. Třetí kapitola je věnována pečlivému testování implementace couplované úlohy v několika bencmarcích, které přesvědčivě dokumentují úspěšnou implementaci použité techniky i správnost vlastní formulace. V poslední kapitole autor studuje pomocí numerických simulací ve dvou typech geometrií efekt vlivu přítomnosti částic v newtonovské tekutině na efektivní viskozitu dané směsi. Výsledky indikují, že by navržená hypotéza vzniku shear thinning efektu mohla být platná.

Po formální stránce je práce velice zdařilá, je dobře strukturovaná, snadno se čte a obsahuje jenom malé množství typografických chyb. Snad jedinou výtkou může být, že místy je práce možná až příliš stručná vzhledem k poměrně značné složitosti modelu. Výsledky práce mají jasný publikační potenciál, ačkoliv se domnívám, že k opravdu přesvědčivé dokumentaci spojení shear thinning efektu s interakcí částic by bylo zapotřebí větší množství interagujících částic a delší časové řady - shear thinning je totiž vidět pouze v časových průměrech efektivní viskozity. Každopádně jsou výsledky práce jasným impulsem pro další studium daného jevu. **Předložená práce dle mého názoru rozhodně splňuje nároky kladené na diplomovou práci.**

Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuze:

1. Byl při studiu shear thinning efektu (tedy ve výsledcích 4. kapitoly) kromě vlivu počtu částic studován také efekt velikosti a tvaru částic, případně parametrů mezikruží (poloměr, šířka)? Pokud ano, tak s jakými závěry?
2. Stejně tak by mě zajímala robustnost výsledků vzhledem k použitému hustotnímu kontrastu mezi částicemi a kapalinou, použitému pro potlačení kolizí částic se stěnou.
3. Jaká jsou stávající výpočetní omezení dané úlohy (z pohledu počtu částic, jejich tvaru a velikosti) a jaká si autor myslí, že by měla být ideální konfigurace numerických experimentů pro realističtější studium systému krevní plazma - červené krvinky? Jinými slovy: “Co ještě by šlo upočítat?”

Práci:

- doporučuji
 nedoporučuji

uznat jako diplomovou.

Navrhuji hodnocení stupněm:

- výborně velmi dobře dobře neprospěl

Místo, datum a podpis oponenta: Ondřej Souček

Praha, 23. srpna 2022