

Posudek vedoucího diplomové práce

Jana Hružy

Numerické simulace interakce mezi prouděním tekutiny a tuhými částicemi

Obsah práce

Předložená práce se zabývá prouděním homogenní nestlačitelné newtonské tekutiny, ve které jsou obsažené tuhé částice, které interagují s danou tekutinou. Motivací této práce je proudění krve v žíle, kdy se krevní plazma chová převážně jako newtonská tekutina a červené krvinky představují ony částice. Autor práce studuje tuto směs pomocí přímé numerické simulace s cílem ukázat, že taková směs se efektivně chová jako tekutina se zeslabením smyku – newtonským jevem, který vykazuje právě krev.

Dosažené výsledky. Diplomová práce se skládá ze čtyř částí. v první kapitole student definuje zjednodušený problém, kde je předepsaný pohyb částic. Osově symetrický problém simuluje pomocí metody konečných prvků (FEniCS) s využitím ALE (arbitrary Lagrangian-Eulerian) metody a srovnává vypočtenou odporovou sílu se Stokesovým vztahem.

Ve druhé kapitole student umožňuje plnou interakci mezi pohybem částic a prouděním tekutiny. Spojitost rychlostí na rozhraní částice a tekutiny implementuje pomocí Nitscheho metody. Vzhledem k tomu, že částice mohou do sebe i „narážet“, je třeba jednou za čas „přesítovat“, k tomu student využívá knihovnu ADMesh napsanou Jakubem Farou.

Třetí kapitola pak využívá naimplementovaný komplexní model a provádí několik různých benchmarků (velikost odporové síly, lubrikační síly a zachování hybnosti), aby ověřil správnost kódu. Zároveň studuje chování nekulových (eliptických) částic.

Nakonec v poslední kapitole zkoumá závislost efektivní viskozity směsi na rychlosti smyku a zdá se, že tato směs skutečně vykazuje zeslabení smyku.

Přínos autora. Přínos autora práce se skládá z několika částí. Student jednak pochopil a naimplementoval velmi komplexní matematický model pro interakci tekutiny a tuhých částic. S tímto modelem byl schopen simulovat složité problémy jako je hození kuličky proti zdi, kdy se pohyb tuhé kuličky zastaví v důsledku lubrikační síly, nebo simulace kulečnicku, kde dochází k mnoha interakcím mezi kuličkami a využívá se toho, že v případě tuhých částic nemůže dojít k jejich dotyku. Nakonec se mu podařilo nasimulovat problém indukující efektivní zeslabení smyku ve směsi newtonské tekutiny s tuhými částicemi. Zdrojový kód je veřejně k dispozici na GitHubu.

Hodnocení práce

Práce je obsahově velmi zdařilá. Práce se čte velmi dobře a obsahuje velmi malé množství překlepů a typografických chyb.

Doporučení. Předloženou práci jednoznačně doporučuji uznat jako diplomovou práci.



v Praze 25. srpna 2022

Karel Tůma

Matematický ústav Univerzity Karlovy