

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Numerické simulace zobecněných Newtonských tekutin pro biomedicínské aplikace
Jméno autora:	Bc. Matyáš Kalous
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta strojní (FS)
Katedra/ústav:	Ústav technické matematiky
Oponent práce:	Ing. Vladimír Prokop, Ph. D.
Pracoviště oponenta práce:	Ústav technické matematiky, FS ČVUT

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadání hodnotím jako náročnější vzhledem k požadavku na analytické a numerické řešení nestacionárního proudění zobecněné Newtonské tekutiny. Náročnější je také implementace metody tlakových korekcí vlastním programem v MATLABU.	

Splnění zadání	splněno s menšími výhradami
<i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i>	
Zadání bylo v podstatě splněno, podrobněji byl ale popsán pouze mocninný model ne-Newtonské tekutiny, který byl jako jediný použit v simulacích. Pro hledání optimální vazkosti byla použita pouze metoda umělé stlačitelnosti.	

Zvolený postup řešení	správný
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Zvolené metody a postup řešení jsou správné.	

Odborná úroveň	C - dobře
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Odborná úroveň práce je celkově dobrá. Autor využívá znalostí získaných studiem matematického modelování, mechaniky tekutin a programování. V práci není vždy úplně jasné, co je autorovým dílem a co čerpal z podkladů, které jsou uvedeny často až na konci určité sekce. V části 4.3 by bylo vhodnější zapsat McCormackovo schéma nejdříve obecně a ne přímo pro rovnici (33). Chybí určení časového kroku výpočtů a průběh konvergence stacionárních výpočtů. Nejsou popsány počáteční a okrajové podmínky včetně jejich realizace.	

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce	B - velmi dobře
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Práce je psána anglickým jazykem, jehož úroveň je velmi dobrá. Autor používá vhodné odborné termíny ve správném kontextu. V úvodech jednotlivých kapitol je použitý jazyk někdy až příliš květnatý. Práce má rozsah obvyklý pro diplomovou práci. V práci jsem narazil občas na překlepy, např. v části 5.2.1 došlo zřejmě k záměně metody umělé stlačitelnosti a metody tlakových korekcí. Grafické zpracování je na poměrně dobré úrovni, grafy jsou většinou přehledné a srozumitelné, v některých případech by ale bylo možné vylepšit popis os grafů, případně doplnit i jiný způsob grafické prezentace.	

Výběr zdrojů, korektnost citací

C - dobře

Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.

Citace jsou v textu užívány značně nerovnoměrně: třeba odstavec 2.2 Power-law fluids neobsahuje žádné zdroje, stejně tak 4.7, v jiných částech jsou zdroje uvedeny v dostatečné míře. Umístění odkazů na konec sekce či kapitoly není vhodné. Některé zdroje nejsou uvedeny v bibliografii korektně, např. špatný název knihy u zdroje [6]. Mezi prameny převládají knihy a dále články v anglickém jazyce, jejich množství je dostatečné.

Další komentáře a hodnocení

Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.

Řešení bylo zpracováno v MATLABU, zdrojový kód nebyl dán k dispozici.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uveďte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.

Hodnocená práce se zabývá numerickou simulací proudění ne-Newtonské kapaliny, jejíž viskozita je popsána mocninným modelem a jejím srovnáním s Newtonskou kapalinou. Autor v práci popisuje matematický model nestalčitelné vazké tekutiny, mocniný model ne-Newtonské tekutiny, vysvětluje pojmy jako Reynoldsovo či Womersleyho číslo a jejich význam pro předpokládané vlastnosti proudění.

Dále je odvozeno analytické řešení pro proudění mezi paralelními deskami pro Newtonský a mocninný model ne-Newtonské vazké tekutiny pro stacionární i nestacionární případ. Numerické řešení je realizováno metodou konečných objemů. Konkrétně jsou použity dvě metody: metoda umělé stlačitelnosti spolu s McCormakovým schématem a metoda tlakových korekcí.

V následující části se autor zabývá numerickými experimenty, kterými ověřuje správnost implementace použitých metod srovnáním s analytickým řešením pro proudění mezi paralelními deskami. V této části by bylo zajímavé i přímé srovnání obou numerických metod. Toto srovnání je provedeno až pro případ zúženého kanálu, je však pouze vizuální – není zobrazeno přímé srovnání rychlostních profilů. Autor komentuje dosaženou přesnost a náročnost obou metod – je ale otázkou zda má toto srovnání smysl, když v případě metody umělé stlačitelnosti není pro nestacionární výpočet použita metoda duálního času.

Ve stěžejní kapitole výsledkové části práce se autor zabývá problémem určení optimální hodnoty viskozity, pro kterou by bylo možné aproximovat ne-Newtonskou tekutinu pomocí modelu Newtonské tekutiny. Autor na dosažených výsledcích ukazuje, že pro určitou hodnotu viskozity se rychlostní profil Newtonské tekutiny blíží nejvíce rychlostnímu profilu pro model mocninný ne-Newtonské tekutiny. Získané výsledky jsou zajímavé a ukazují závislost optimální viskozity na zadaném tlakovém gradientu a geometrii oblasti.

Otázky: 1) Jaký je časový krok použitý pro nestacionární výpočty a jak byl stanoven?

2) Vysvětlete, proč pro nejmenší zvolenou hodnotu viskozity vychází pro zúžený kanál a zakřivený kanál rozdíl velikosti rychlostí záporný na obr. 21 a 25, zatímco v rovném kanálu na obr. 18 tomu tak není?

3) Bylo by možné lépe vysvětlit, jak byly získány křivky na obr. 23 a 27?

4) Popište podrobněji počáteční a okrajové podmínky výpočtů.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **C - dobře**.

Datum: 19.8.2023

Podpis: