

Oponentní posudek bakalářské práce

Jana Vocílky

(ZČU v Plzni, FAV, *studijní program*: B3947 Počítačové modelování v technice,
studijní obor: Počítačové modelování)

zpracované na téma

Modelování kolenního kloubu

Cílem bakalářské práce v rozsahu 47 stran je vytvořit rovinný idealizovaný model lidského kolenního kloubu, stanovit deformaci jeho pružných částí pomocí teorie zatížení pružného poloprostoru osamělou silou a vyvinout výpočetní algoritmus založený na metodě konečných prvků pro numerickou simulaci laminárního, izotermického proudění nestlačitelné newtonské kapaliny.

Bakalářská práce je rozdělena do osmi kapitol včetně úvodu a závěru a doplněna seznamem literatury. Začátek práce je věnován anatomickému popisu součástí kolenního kloubu a vymezení jeho fyziologických pohybů tak, aby bylo možné zdůvodnit pozdější užití rovinného modelu v případě interakce. Ve třetí kapitole jsou aplikací Galerkinovy metody odvozena slabá řešení pro tři různé varianty systému Navierových-Stokesových rovnic (stacionární bez konvektivního členu a stacionární a nestacionární s konvektivním členem). Ve čtvrté kapitole je pak realizována prostorová a časová diskretizace dříve odvozených slabých řešení v rozměrovém tvaru. Pro kontrolu numerického řešení odvozuje autor v páté kapitole analytické řešení laminárního, izotermického proudění nestlačitelné newtonské kapaliny v rovinném kanálu s nepoddajnými stěnami včetně jeho převodu do bezrozměrového tvaru. Šestá kapitola je věnována analýze numerického řešení stacionárního proudění bez a s uvažováním konvektivního členu v rovinném kanálu s pohyblivou, resp. nepohyblivou horní stěnou. Parametry výpočtu a získané výsledky jsou prezentovány v bezrozměrovém tvaru.

V poslední kapitole před závěrem autor odvozuje jednoduchý rovinný model kolenního kloubu mající podobu náhradního pružného válce přiléhajícího k tuhé podložce a mezery vyplněné synoviální kapalinou. Vlastní interakce mezi jednotlivými prvky tohoto modelu je realizována na základě vztahu pro zatížení pružného poloprostoru osamělou silou, která umožňuje stanovit deformaci pružného válce modelu a tloušťku mazacího filmu mezi válcem a podložkou. Autor zde předkládá numerické výsledky získané pro modely s tuhým a pružným válcem, které jsou opět uvedeny v bezrozměrovém tvaru. V závěru autor shrnuje obsah a výstupy své bakalářské práce a zároveň zmiňuje možnosti vylepšení svého současného modelu (např. užitím mocninového modelu pro popis newtonského chování synoviální kapaliny).

Zpracovaná bakalářská práce je napsána přehledně, velmi dobrou češtinou s ojedinělým výskytem překlepů a nepřesností. Cíle vytčené v bakalářské práci byly splněny. Zvolené téma představuje zajímavý problém z oblasti biomechaniky a je zde široký prostor pro další vylepšení a zpřesnění jak matematického, tak i geometrického modelu. Autor předvedl, že pronikl do podstaty metody konečných prvků a je schopen vyvinout vlastní výpočetní algoritmus založený na této metodě.

K bakalářské práci mám následující připomínky a otázky:

- Z práce není patrné, na jak kvalitní výpočetní síti byly jednotlivé výpočty realizovány (chybí údaj o počtu uzlů, popř. prvků). Z rychlostních profilů na obr. 6.4 a 6.5 lze pouze vytušit, že autor své numerické výpočty realizoval na velmi hrubých sítích.
- Numerická metoda detailně popsaná v práci je odvozena v rozměrovém tvaru, autor však parametry výpočtu a samotné výsledky uvádí v tom bezrozměrovém. Má autor alespoň představu v jakých rozměrech se při modelování kolenního kloubu a proudění synoviální kapaliny přibližně pohybuje? Například jaká je výška mazacího filmu, viskozita synoviální kapaliny apod.
- Co označuje bezrozměrový parametr $R = 10^{20}$ v 6. kapitole, kde je modelováno pouze proudění v rovinném kanálu mezi dvěma deskami?
- Proč je v 7. kapitole u úlohy s tuhým válcem uvažována jeho rychlost $u_0 = 1$ a v případě pružného válce pouze $u_0 = 0.9$? Je pro to nějaký speciální důvod?
- Kapitola 7.2: Při modelování pružného válce nejsou uvedeny některé důležité parametry jako např. Youngův modul pružnosti nebo Poissonova konstanta. Co představuje úhlová rychlost ω uvedená jako proměnná v obr. 7.2.5? Popisky křivek na obr. 7.2.5 a 7.2.6 jsou nedostatečné. Z obou grafů není patrné, jestli jsou vykresleny pro různé parametry modelu nebo snad měnící se okrajové podmínky.
- Jak byla volena hodnota parametru ε ze vztahu (4.2.14) při numerickém řešení stacionárního proudění s konvektivním členem v kapitole 6? Na str. 41 tvrdí autor, že „algoritmus hledání nulové derivace konvergoval poměrně rychle“. Bylo by možné toto tvrzení podložit nějakými konkrétními čísly?

Závěr: Předložená bakalářská práce rozsahově i formálně splňuje požadavky zadání a doporučuji ji k obhajobě. Po kladném průběhu obhajoby a po vyjádření se k poznámkám oponenta navrhuji hodnotit bakalářskou práci celkovou známkou

výborně.



Ing. Alena Jonášová

V Plzni, dne 17.června 2013