Oponentský posudek diplomové práce

Název práce: Metoda konečných prvků pro aproximaci proudění nestlačitelné tekutiny a v akustických úlohách

Autor: Bc. Tomáš Marhan

Předložená práce se zabývá metodou konečných prvků (MKP) a jejím využitím při řešení problémů akustiky a proudění nestlačitelné tekutiny. Práce obsahuje podrobně popsaný matematický aparát a matematickou formulaci uvažovaných problémů ve slabém smyslu. Součástí práce je také vlastní implementace metody konečných prvků, která byla použitá k numerickému řešení vlnové rovnice v oblasti vokálního traktu ve 3D a Navierových–Stokesových rovnic v místě proudění s protisměrným schodem a při obtékání leteckého profilu NACA 0012 ve 2D.

Zadání a provedení této práce bylo hodně náročné. Práce se zaměřuje na dvě rozdílné oblasti, které jsou volně propojeny oblastí aeroakustiky. Kromě teoretického popisu jsou pak potřeba i dva rozdílné řešiče uvažovaných problémů. Navíc student realizoval MKP diskretizaci 3D úlohy akustiky a 2D úlohy nestlačitelného proudění, oboje již značně obtížné. Zvolený postup řešení pomocí MKP považuji za správný a naprosto vhodný.

Diplomová práce je díky popisu dvou problémů obsáhlejší. I tak je dobře členěná a dobře čitelná, gramaticky i formálně bez výhrad. Dovolím si akorát pár komentářů:
- úvod: chybí mi lepší motivace a větší nadhled
- str 10: bilineární forma má chybnou definici; Co je “prostor .. sdruženě lineární”? "Tento problém MŮŽE představovat okrajovou úlohu.."
- str 11: uvažujeme, že V je Hilbertův prostor (napsán Banach); “Ve variační formulaci (1.2) nevystupují derivace..” - ale a(.,.) není zatím def.; supp ČEHO $\subset$ U; Funkcionál je na D(U) spojitý... nepřesná definice
- str 16: Newtonské tekutiny jsou většinou definovány trochu jinak
- str 17: p' nemusí být akustický tlak, ale prostě jen nějaká perturbace tlaku
- (2.2) a (2.21) mají mít vektorovou nulu
- (2.28) netřeba opisovat, lze odkázat na (2.2)
- (2.33) je důležitý předpoklad, že T je též harmonický
- (3.5) a "odpovídá kinetické energii" - drobné upozornění: takto lze matematicky popisovat, ale fyzikálně rozměr energie nemá
- (3.23+24) chybí $\hat{\eta}$(FK ($\hat{x}$m)) (anebo je špatně (3.22)?)
- str 40: proč je v a overline(v) ?
- doporučuji přeškálovat obr. 19 na 0-1; co je to |U|?
- str 45: Volbou vh = φ1 , · · · , φn = φk obdržíme soustavu rovnic - lépe volbou vh=fi_k pro k=1,..
- str 47: bubble funkce, která na elementu v závislosti na barycentrických souřadnicích pár stabilizuje => , která se dá dobře lokálně vyjádřit pomocí bar. sou., a ta pár funkčních prostorů stabilizuje
- str 49: barycentru => těžišti; definice b_ij je v obou případech špatně
- str 54: Uplatněním jednotlivých okrajových podmínek (ve smyslu stop) rozepíšeme integrál přes hranici ∂Ω jako = ale jsou zde i Neu OP..
- (4.22) definice forem zbytečná
- str 56: první rce by měla mít vše jen U_j, tak je to jasnější; kam se ztratilo g? "Provedeme transformaci.." ve vzorci pro a_ij chybí uh(F_k($\hat{x}$, $\hat{y}$))

- str 57: při této definici (Fl, Fd) je vhodné doplnit předpoklad o tom, že obtékaný předmět je orientován podél os x a y
- str 60: chybí volba nu
- str 77: sdružený problém => smíšený problém; pozorujeme rychlost KONVERGENCE

Práce je výborně ozdrojovaná, citace v pořádku, hezká grafika obrázků. Líbí se mi trik s definicí MKP prostoru pomocí P_K viz str 24.

K práci mám pouze tyto otázky:
1) Máte nějaké vysvětlení/domněnku, proč rezonanční frekvence [u:] vychází jinak než v práci [21]?
2) Jaký je praktický postup (nějaké kritérium) nalezení bodu otržení x_1?
3) Zkoušeli jste počítat také koeficient odporu c_D pro případ obtékání křídla NACA?

Diplomová práce více než splňuje všechny body zadání. Autor odevzdal velice kvalitní práci, představil výsledky dvou fyzikálně odlišných problémů získaných pomocí vlastní implementace. Předloženou závěrečnou práci chválím, navrhuji k obhajobě a hodnotím ji známkou A (výborně).

V Praze, dne 20. srpna 2023 Ing. Jan Valášek, Ph.D.