

# Oponentský posudek bakalářské práce

**Název práce: Metoda konečných prvků pro aproximaci nevířivého proudění tekutiny**

**Autor: Adam Střihavka**

Předložená práce se zabývá matematickým popisem nevířivého proudění tekutiny a jeho následným numerickým řešením. To je realizováno pomocí metody konečných prvků (MKP), jejíž základy jsou vysvětleny v první kapitole. Její realizace je následně ověřena na úlohách se známým analytickým řešením. Druhá polovina práce je věnována odvození a formulaci problému rovinného nevířivého proudění tekutiny a to pro nestlačitelný i stlačitelný případ. Následně je uvažovaná úloha doplněna o vhodné okrajové podmínky. Na závěr je MKP použita pro numerickou aproximaci obtékání NACA profilu 0012 a Žukovského profilu pro různé úhly náběhu.

Zadání a provedení této práce vyžadovalo od studenta kromě seznámení se s MKP také nastudování základů mechaniky tekutin a teorie komplexních funkcí, což ji řadí mezi náročnější. Zvolený postup řešení pomocí MKP považuji za správný a naprosto vhodný. Co ale kvalitu práce z mého hlediska sráží, je vyšší počet gramatických chyb (chybějící čárky, shoda podmětu s přísudkem) a především formálních chyb, viz:

- (1.6) u \in V\_h špatně, (1.32) dvakrát index j
- co je to delta\_ij (1.9), fi\_i (1.26), P1 (1.31), F\_L a A (2.176), S na str. 31?
- hranice oblasti Gamma\_D, Gamma\_N není oblast, jejich průnik má být prázdná množina; Hranice \partial \Omega se rozdělí na oblasti (str. 27)
- značení v integrálech: (1.24) - d\Omega; (2.148) - d\Gamma, atd...
- Podprostor triangulace V\_h (str 5) - nesmysl
- značení str 9: proč u^\* - nestačí u\_h? proč změna značení složek u (2.115)?
- Rychlost konvergence odpovídající v podstatě lineární závislosti == těžko nepochopitelný popis log-log grafu
- str 19: totální derivaci označenou d/dt = chybné značení, viz použitý odkaz Feistaura má D/Dt
- rce (2.137), (2.142) a (2.146) jsou zbytečné, nahradit odkazem; totéž 2.143, která je navíc špatně opsaná
- rychlost je tečnou proudové funkce .. špatná formulace
- \gamma je cirkulace rychlosti .. nevhodná kolize značení

Také bych doporučil vylepšit členění práce do více kapitol a očíslování příkladů v závěru první kapitoly, aby byla práce přehlednější. Také by bylo vhodné pro lepší čitelnost a pochopitelnost doplnit více obrázků (ref. zobr., konformní zobrazení, odtoková podmínka).

Jako velký prohřešek proti standardu psaní závěrečných prací považuji volně plovoucí obrázky v textu bez jejich správného odkázání a často i bez pořádného shrnutí dosažených výsledků. Toto se týká obou kapitol:

- není uvedeno, jak byly voleny parametry alfa (Robinova OP) a gamma (Poissonova konst.)
- splňuje získaný experimentální řád konvergence teoretická očekávání?
- Obr. 1.28 a 2.36 není okótovaný, délka profilu lze vyčíst až z výsledků
- je získaný tlakový součinitel pro symetrický profil v pořádku?
- chybí mi komentář k použitelnosti získaných výsledků obtékání profilů

Taktěž použití citací není úplně vhodné. Při odvozování v první kapitole a dále nejsou skripta MKP ([2]) téměř citována, uvažovaná verze Greenovy věty se nenachází ve skriptech [1]. Zbylé zdroje jsou dobře vybrány a relativně rozumně citovány.

Naopak kladně hodnotím popis problému pomocí funkce komplexní proměnné a jejího použití pro získání analytického řešení obtékání Žukovského profilu. Taktěž grafická podoba obrázků je dobrá. Líbí se mi zařazení výpočtu odporového a vztakového koeficientu pro získání řešení.

K práci mám následující otázky:

- 1) Je zavedeno referenční zobrazení, ale není popsáno jeho použití při realizaci MKP. Jak by se aplikovalo na při výpočtu prvků matice tuhosti v rovnici (1.47)?
  - 2) Můžete mi vysvětlit vztah (2.110) - nechápu závislost pravé strany na s. Možná by bylo vhodnější použít jiné písmenko?
  - 3) Splňuje získaný tlakový součinitel pro symetrický NACA profil s nulovým úhlem náběhu očekávání? Neměla by úloha mít symetrické řešení?
  - 4) Je v pořádku, že odporový koeficient pro NACA profil vychází záporný?
  - 5) V práci mi chybí inženýrské shrnutí, kdy je vhodné a kdy není použití nevířivé proudění. Prosím o shrnutí do dvou vět (charakter proudění, jaká konfigurace obtékání profilu).
- \*) Dokázal by jste pro Žukovského profil a jeden úhel náběhu porovnat tlakové součinitele num. a analytického řešení (pokud budete mít čas)?

Bakalářská práce splňuje všechny body zadání. Autor přes mnohé výtky týkající se především správného citování, odkazování obrázků a formulační nedostatky nastudoval zajímavý problém a spočítal mnoho konfigurací obtékání profilu pro nestlačitelný i stlačitelný režim. Předloženou závěrečnou práci navrhuji k obhajobě a hodnotím ji známkou C (dobře).

V Praze, dne 15. srpna 2023

Ing. Jan Valášek, Ph.D.