

Prof. Ing. Pavel Šafařík, CSc.
Radomská 469
18100 Praha 8

Oponentní posudek

disertační práce Ing. Vladimíra Hrice : *Numerické řešení proudění mokré páry s nerovnovážnou kondenzací*, České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní, Praha, 2021.

Předložená disertační práce obsahuje včetně titulního listu, Prohlášení, Poděkování, anotací v jazyce českém a anglickém, Obsahu, Seznamu obrázků, Seznamu tabulek, Použitého značení, vlastního textu disertační práce, seznamu publikací autora, který obsahuje 9 pramenů a seznamu ostatní použité literatury, v němž je 82 citovaných pramenů, 122 stran.

Tématem práce je výzkum proudění mokré vodní páry se zaměřením na numerické modelování proudění páry s nerovnovážnou kondenzací a na simulace proudění v dýzách a v modelu lopatkového kanálu.

V úvodu jsou vytyčeny cíle disertační práce. Je předložena tematická komprimovaná literární rešerše.

Druhá kapitola je zaměřena kondenzací. Především je uvedena heterogenní kondenzace. Je popsána nukleace. Je odvozena kritická velikost kapek a je řešen růst kapek.

Ve třetí kapitole je popsán vytvořený matematický model pro proudění mokré páry s nerovnovážnou kondenzací zahrnující rovněž systém rovnic pro vývoj kapalně fáze. Systém Eulerových rovnic pro směs páry a kapek je spojen se soustavou rovnic odvozených z kinetického modelu vývoje kapalně fáze v prostoru a v čase.

Čtvrtá kapitola uvádí numerické řešení vytvořeného matematického modelu proudění s kondenzací uskutečněného vlastním výpočtovým kódem. Jsou popsány prostorová a časová diskretizace a aplikované okrajové podmínky.

V páté kapitole jsou uvedeny dosažené výsledky numerických simulací proudění mokré páry v dýzách a v modelu lopatkového kanálu. Výsledky jsou porovnány s výsledky experimentů, které jsou v odborné literatuře dostupné

V závěru jsou shrnuty stručné popisy, jak byly dosaženy vytyčené cíle disertační práce. Jsou představeny možnosti pro další zaměření výzkumu.

Hodnocení :

Fázové přeměny látek představují pro vědecké bádání a pro aplikace v technických dílech významné téma, kterému bylo věnováno od odborníků hodně pozornosti a v němž již bylo dosaženo množství pozoruhodných výsledků. Stále však pokračují soustředěné práce na badatelských a inženýrských projektech směřujících k novým poznatkům. Je nutné uvést, že tepelné procesy při fázových přeměnách jsou fyzikálně komplexní, že jejich teoretické modely nemohou zcela postihnout chování a vývoj parametrů látek při fázové přeměně. Experimenty v tomto oboru jsou mimořádně náročné na spolehlivou techniku a na zabezpečení požadovaných režimů při fázových přeměnách látek. Přístupy založené na podpoře pomocí numerických simulací dávají možnost připravit modely a dosáhnout výsledky pro rozbory procesů při fázových přeměnách látek. Autor disertační práce navázal na své výzkumné činnosti a pro svojí disertační práci zformuloval těchto pět cílů – zavést do vlastního výpočtového postupu stavovou rovnici vodní páry pro možnost řešení v metastabilní oblasti, porovnat stavové rovnice pro vodní páru při řešení parametrů kapalně fáze, uskutečnit rychlejší výpočty termodynamických parametrů reálného plynu, analyzovat termodynamické

modely rychlosti nukleace a růstu kapek, a dosáhnout výsledky užitím vlastního výpočtového postupu a porovnat je s dostupnými experimentálními výsledky. Autor si je vědom, že východiskem pro jeho výzkumnou práci jsou podklady z termodynamiky – jmenovitě termodynamických vlastností vody a vodní páry, teorie nukleace a řešení kvantitativních změn kapalné fáze při heterogenní kondenzaci. Přínosem disertační práce je bezpochyby vytvoření a aplikace výsledného modelu proudění vodní páry s nerovnovážnou kondenzací. V disertační práci jsou hodnotné dosažené výsledky řešení proudění vodní páry s kondenzací v dýzách a v modelu lopatkového kanálu. Tyto výsledky mohou být podkladem pro podrobnou termodynamickou analýzu modelování procesu kondenzace při proudění vodní páry. Autor splnil vytyčené cíle, ale v závěrečném hodnocení autor vypustil odstavec hodnocení splnění cíle s analýzou termodynamických modelů rychlosti nukleace a růstu kapek. Oponent klade tyto otázky :

- 1) Z textu disertační práce je nepřehledný popis aplikace stavových rovnic. Může autor udělat přehled, kdy byla jím užitá stavová rovnice IAWPS 95, kdy byla užitá rovnice IAPWS IF-97 a kdy byla užitá speciální či jiná rovnice?
- 2) Může autor popsat, jak si představuje strukturu metastabilního stavu vodní páry? Je to homogenní vodní pára nebo je to směs zárodků kapek s vodní párou? Jak jsou potom definovány a řešeny parametry vodní páry v metastabilním stavu? Je možné z modelu proudění vodní páry s kondenzací odvodit hranice oblasti metastabilních stavů?
- 3) Matematický model je formulován pro nestacionární proudění kondenzující páry. Proč autor neuvádí počáteční okrajové podmínky pro řešení úloh? Jakým způsobem autor zabezpečuje stabilitu výpočtového postupu?

Oponent v disertační práci shledal řadu formálních nedostatků. Jsou v ní překlepy, nedůslednosti. Nejsou uváděny jednotky fyzikálních veličin (v seznamu použitých značení i např. v rov.(3. 74)). Obrázky jsou většinou s popisem v angličtině, ale disertační práce je psána v češtině, a obrázky jsou zpracovány bez ohledu na čtenáře (např. jsou na nich údaje napsané malým písmem, až je to nečitelné (obr. 5. 23 a jiné)), dokonce do obr. 5. 26 je rukou vložen popis. Zcela nepochopitelný je přechod do anglického textu a zpět do češtiny na str. 100. Oponent formální stránku práce hodnotí jako nedostatečnou.

Závěr :

Předložená disertační práce je určitě přínosná pro výzkum především v oboru proudění vodní páry v podmínkách kondenzace při expanzi. Autor splnil stanovené cíle hlavně tím, že vytvořil a aplikoval vlastní model proudění vodní páry s kondenzací. Dosažené výsledky budou mít využití v termodynamických rozbořech pro stavbu a výzkum strojů s vodní párou jako pracovním médiem. Autor prokázal svoji tvůrčí aktivitu a své velmi dobré znalosti v oboru numerických simulací. Oponent

doporučuje disertační práci Ing. Vladimíra Hrice k obhajobě za podmínky, že autor připraví obhajobu i k překonání formálních nedostatků v disertační práci.

V Praze 26. listopadu 2021