

Posudek školitele diplomové práce

Název práce: Modelování dvoufázového proudění v palivovém kanálu jaderného reaktoru

Autor: Bc. Michal Roubalík

Diplomová práce je zaměřena na vývoj relativně jednoduchého a rychlého simulačního nástroje pro modelování stacionárních i přechodových stavů při ohřevu chladiva v palivovém kanálu jaderného reaktoru. Použitý model jednodimenzionálního proudění vychází z homogenního modelu dvoufázového proudění a bere v úvahu specifické podmínky proudění, zejména malou rychlost, výrazný zdroj tepla a nutnost použít termodynamický model reálného média. Numerické řešení je založeno na postupném řešení jednotlivých zákonů zachování, kdy se v každém časovém kroku řeší nejdříve zákon zachování energie, dále zákon zachování hmoty a nakonec zákon zachování momentu hybnosti. Výkon tepelného zdroje je součástí zadání úlohy. Třecí ztráty jsou modelovány empirickými vztahy. Reálné vlastnosti vody a páry včetně fázového přechodu varem jsou modelovány pomocí formulace IAPWS IF-97 ve formě knihovny Xsteam pro Matlab.

Diplomová práce je poměrně rozsáhlá. V úvodu autor popisuje různé typy simulačních nástrojů, které se používají při posuzování bezpečnosti jaderných zařízení, dále je poměrně velký prostor věnován popisu modelu proudění včetně použitých empirických vztahů. Je škoda, že autor více nepopsal způsob implementace termodynamického modelu vody a páry formou interpolační tabulky, i když této problematice věnoval nezanedbatelné úsilí. Numerická metoda je založena na postupném řešení jednotlivých rovnic. Jednodimenzionální oblast je diskretizována ekvidistantní sítí. Nejdříve se řeší rovnice pro entalpii pomocí metody charakteristik. Dále se řeší rovnice kontinuity a pohybová rovnice pomocí metody konečných diferencí. Tím jsou postupně aktualizovány hodnoty entalpie, rychlosti a dynamického tlaku. Během výpočtu se aktualizují i parametry vody a páry pomocí tabelovaných hodnot. Použitá metoda je prvního řádu přesnosti. V závěru práce autor porovnává výsledky stacionárního případu dosažené pomocí termodynamického modelu „stiffened gas“ s analytickým řešením pro 500 a 10000 síťových bodů. Shoda numerického řešení s analytickým je dobrá, až na průběh tlaku, který však závisí na empirických modelech třecích ztrát. U grafu průběhu tlaku jsou chybně uvedeny jednotky. Dále jsou uvedeny dva případy přechodového jevu. U prvního zůstává proudění jednofázové, ve druhém případě se objevuje var. Presentované výsledky jsou víceméně v kvalitativní shodě s výsledky programu Relap. Není jasné proč autor použil velmi hrubou síť a zda by zjemnění sítě nepřineslo lepší shodu. Bylo by vhodné komentovat zvláštní průběh výstupního tlaku na obrázku 6.6. U obrázku 6.17 je zřejmě chybně vyobrazena rychlost místo tlaku.

Práce je napsána přehledně, výsledky ve formě grafů by mohly být místy zpracovány lépe (např. rozsah svislých os v příloze). Autor práce se dobře orientuje v dané problematice a je schopen interpretovat výsledky numerických simulací. Během vývoje numerického programu pracoval autor svědomitě a systematicky. Postupně vyzkoušel více variant modelu proudění. Zabýval se i různými způsoby implementace termodynamického modelu, které však v práci zmíněny nejsou. Diplomová práce splňuje všechny body zadání. Předloženou diplomovou práci navrhuji k obhajobě a hodnotím ji známkou B.

V Praze, dne 27. srpna 2018

Doc. Ing. Jan Halama, Ph.D.