

Posudek diplomové práce Bc. Michala Roubalíka Modelování dvoufázového proudění v palivovém kanálu jaderného reaktoru

Cílem předložené práce je implementovat relativně jednoduchý model pro proudění vody, parovodní směsi či vodní páry vyhřívaným palivovým kanálem jaderného reaktoru. Autor se nejdříve zabývá popisem přístupů k zajištění bezpečnosti provozu jaderné elektrárny a zdůrazňuje důležitost detailního porozumění procesům probíhajícím v jaderném reaktoru pro zlepšování účinnosti reaktoru při dodržení bezpečnostních limitů. Výsledky ověřených numerických simulací jsou nejlevnější možností k dosažení tohoto cíle. Popis pomocí hydrodynamického modelu proudění v aktivní zóně umožňuje určit odváděné teplo u tlakovodního reaktoru a detekci nebezpečného jevu krize varu. Prostor mezi palivovými proutky je modelován jako kanál o stejném průtočném průřezu a délce aktivní zóny. V práci je použit LMNC (Low Mach Nuclear Core) model, který odfiltruje akustické efekty a modeluje jevy v materiálovém časovém měřítku. Jsou uvedeny okrajové a počáteční podmínky úlohy pro reaktory typu VVER-440 a VVER-1000. Termodynamické vlastnosti chladiva jsou modelovány v první aproximaci pomocí Stiffened gas stavové rovnice a pak přesněji pomocí modelu IAPWS IF-97. Numerické řešení v 1D spočívá v postupném výpočtu: řešení rovnice pro entalpii metodou charakteristik, výpočet termodynamických vlastností chladiva, řešení ODR pro rychlost a následně ODR pro tlak v nové časové vrstvě. Implementovaný LMNC model je porovnán s analytickým řešením pro případ Stiffened gas modelu a dále pak srovnán s výsledky z programu RELAP5/MOD3 pro model IAPWS IF-97.

Cíle práce byly splněny. Autor práce ukázal, že se dobře seznámil s problematikou jaderné bezpečnosti a modelem LMNC pro dvoufázové proudění v palivovém kanálu jaderného reaktoru. LMNC model byl implementován v MATLABU a validován proti analytickému řešení a řešení programem RELAP5/MOD3. Při validaci se sice nepodařilo dosáhnout ve všech porovnávaných parametrech dobré shody s výsledky z programu RELAP5/MOD3, autor nicméně tyto nedostatky analyzuje a navrhuje další možný postup pro zlepšení dosažených výsledků. Velmi pozitivně hodnotím řešení reálného validačního problému a možnost budoucího uplatnění implementovaného modelu v praxi. Práce je napsána po jazykové stránce velmi pěkně, úroveň grafického zpracování je také na dobré úrovni. Všechny uvedené zdroje jsou v práci citovány. V některých částech jako např. část 2.2 by bylo vhodné ještě zdroj doplnit. Ve výsledkové části pak jsou grafy 6.15 a 6.17 zřejmě omylem stejné. V přílohách by bylo asi vhodnější ve všech případech použít stejné rozsahy hodnot pro různé časové okamžiky viz. např. obr. B31 až B36. I přes zmíněné drobné nedostatky hodnotím práci stupněm A (výborně).

Doplňující dotazy:

- Proč je validační výpočet modelem LMNC při srovnání s programem RELAP/MOD3 prováděn pouze v 11 uzlech? V diskuzi je zmíněno, že při větším počtu uzlů by bylo dosaženo lepší shody. Bylo by možné provést výpočet ve více uzlech a ukázat tak vliv zjemnění sítě podobně jako při srovnání s analytickým řešením pro Stiffened gas model?
- Proč jsou výsledky v přílohách pouze do 40 vteřiny, když celý validační případ trval 200s?
- Jaké jsou, případně budou, výhody implementace LMNC modelu oproti např. Vámi srovnávaného programu RELAP/MOD3.

V Praze dne 28.08.2018

Ing. Vladimír Prokop, Ph.D.