

Oponentní posudek diplomové práce

Jméno diplomanta: Bc. Marek Bělohoubek

Oponent diplomové práce: Ing. Petr Klavík

Modelování proudění a vedení tepla v palivových souborech jaderného reaktoru s využitím subkanálové analýzy

Předložená diplomová práce se zabývá problematikou proudění chladiva a přenosu tepla v palivových souborech jaderného reaktoru.

V první kapitole student popisuje jaderný reaktor typu VVER1000 a použité palivové soubory. Dále je objasněn pojem přestupu tepla z palivových souborů do chladiva v jaderných tlakovodních reaktorech, popsána krize přestupu tepla a odůvodnění významu použití termohydraulických výpočtů pro zajištění jaderné bezpečnosti.

Druhá kapitola je podrobně zaměřena na matematické modely. První část je věnována pohledu do historie proudění tekutin, následně popisu a odvození zákonů pro řešení proudění reálných tekutin. Student vytvořil spojení odvozených rovnic ve výslednou soustavu Navierových-Stokesových rovnic pro řešení dané úlohy. Kvůli problematice proudění chladiva v palivovém souboru byla zvolena subkanálová analýza, která je pro mnohé výhody účelná k použití. Závěrem druhé kapitoly je proveden podrobný rozbor sdílení tepla a následně vytvořen matematický model vedení tepla pro přidruženou úlohu diplomové práce.

Následující kapitola je věnována použitým numerickým metodám, kde je popsána metoda konečných diferencí, metoda konečných objemů a metoda konečných prvků.

Kapitola Výpočtový model nabízí ucelený postup práce k nalezení numerického řešení dvou úloh. První řešení se zabývá prouděním chladiva v palivovém souboru. Nejprve je uvedena tvorba geometrie dané palivové kazety a následně stanovení subkanálů. Poté je pomocí numerické metody konečných diferencí vytvořen tvar řešení a následně implementován. K počítačové implementaci bylo použito programové prostředí MATLAB/Octave. Závěrem úlohy bylo provedeno nastavení koeficientu turbulentního míšení. Druhá úloha je zaměřena na výpočet rozložení tepla v palivovém proutku. Jedná se o stacionární úlohu popsanou obyčejnou diferenciální rovnicí 2. řádu. Student použil v diplomové práci výše zmíněné numerické metody řešení a na závěr provedl jejich srovnání s analytickým řešením.

Poslední část diplomové práce je věnována dosaženým výsledkům a jejich porovnání s experimentem. Student provedl vyhodnocení první úlohy s ohledem na zvolené sady okrajových podmínek. Analyzované veličiny: teploty, tlak, axiální rychlost a příčný tok jsou zobrazeny v přehledných grafech. Porovnání výsledků s experimentálními daty ukazuje, že i přes mírné odchylky dosahuje vyvinutý program velmi dobré připravenosti a je vhodný aplikovat na danou řešenou úlohu.

Předložená diplomová práce je zpracována na výborné úrovni a zadání diplomové práce bylo splněno v celém rozsahu. Velmi pozitivně hodnotím kapitolu 5 Výpočtový model. Dále kladně hodnotím pečlivě provedené zpracování kapitoly 3 Matematický model a především oddíl 3.2 Subkanálová analýza. Malá nepřesnost je na obrázku 2.5, kde zobrazený detail mísící mřížky neodpovídá pro uvedený palivový soubor typu TVSA-T mod.2. Tento typ palivového souboru využívá nové mísící mřížky s jiným konstrukčním uspořádáním mísících lopatek typu „row-through“. Na závěr je třeba zdůraznit rozsah celé práce a možnost využití vyvinutého softwaru k hledání chyb při vývoji subkanálového kódu CALOPEA. Předložená práce zcela splňuje požadavky diplomové práce, proto doporučuji k obhajobě a navrhuji její hodnocení stupněm výborně.

V rámci obhajoby diplomové práce navrhuji, aby student odpověděl na tyto tři otázky:

- 1) Uvést hlavní rozdíl mezi současně používaným palivovým souborem (Mod 0, 1, 2) pro reaktor typu VVER1000/V-320 v JE Temelín a palivovým souborem (Gd2M, Gd2M+) pro reaktor typu VVER440/V-213 v JE Dukovany. Jaká je odlišnost v případě použití subkanálové analýzy pro celou aktivní zónu?
- 2) V odst. 5.2 jsou zavedeny vstupní předpoklady pro nastavení hodnot koeficientu turbulentního míšení β v místech s a bez mísící/distanční mřížky. Z čeho dané předpoklady pro jednotlivé axiální pozice vychází?
- 3) V závěrečné kapitole diplomové práce je konstatováno, že navržený výpočtový model řešení úlohy vedení tepla v palivovém prouku (opírající se o restrikcí na 1D úlohu) je dostatečně přesný pro rozdíl mezních hodnot Dirichletovy okrajové podmínky do 10 °C. Je toto tvrzení nějakým způsobem verifikováno?

V Plzni dne 16. Července 2020

Ing. Petr Klavík