

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Využití efektivního součinitele tepelné vodivosti vyhořelého palivového souboru pro výpočet teplotního pole v obalovém souboru
Jméno autora:	Bc. Stefan Račák
Typ práce:	diplomová práce
Fakulta:	Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská (FJFI)
Katedra:	Katedra jaderných reaktorů (KJR)
Oponent práce:	Ing. Daniel Vlček
Pracoviště oponenta práce:	Státní úřad pro jadernou bezpečnost

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	průměrně náročné
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadání diplomové práce bylo zvoleno vhodně, velká část prací však přímo navazovala na výzkumný úkol a v rámci diplomové práce přibýlo jen méně nových prvků. Z pohledu tvorby modelů bylo potřeba vytvořit relativně jednoduché modely, protože bylo zadáno spočítat pouze vliv tepelného sálání a vliv konvekce byl možný zanedbat. Je zde však nutné uvést, že bylo provedeno velké množství různých výpočtů a ke všem byly provedeny citlivostní analýzy.	

Splnění zadání	splněno
<i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i>	
Student splnil všechny body zadání, o čemž mimo jiné svědčí i struktura kapitol diplomové práce. Navázal na předchozí bakalářskou práci a výzkumný úkol, kde se věnoval sdílení tepla a konstrukci vyhořelých palivových souborů pro reaktory typu VVER spolu se způsobem jejich skladování. Seznámil se s modelováním tepelného sálání ve výpočetním programu ANSYS Fluent v rámci, kterého si osvojil techniky tvorby modelu a jeho ověření a dále citlivostní analýzy. Popsal a aplikoval dva různé způsoby modelování tepelné radiace jak ve vakuu, tak s plynovou výplní. Dále se student věnoval zpřesnění efektivních součinitelů tepelné vodivosti stanovených v předchozích pracích. Student se seznámil s přípravou dat termofyzikálních vlastností jednotlivých materiálů a dále s nastavením hraničních podmínek. Výsledky dvou typů palivových souborů jsou v druhé kapitole opět přehledně analyzovány. Ve třetí kapitole bylo dále uvažováno jen vyhořelé palivo pro VVER 1000, které bylo výpočetně ověřeno v koši obalového souboru podobného OS CASTOR 1000/19, pro který byl vytvořen dvou-rozměrný model. Oproti předchozím kapitolám zde bylo potřeba zasáhnout nad rámec výpočetního programu a student musel vytvořit uživatelem definované funkce, jejichž použití svědčí o hlubším porozumění výpočetního programu studentem. V rámci výpočtů obalových souborů student zkoumal různé vsázky, které opět analyzoval v přehledných grafech. V závěrečné kapitole student využil předchozí zkušenosti z předchozích kapitol a vytvořil zjednodušený model hypotetického obalového souboru a porovnal výsledky maximální teploty s předchozími výpočty přesnějšího modelu. Zadání bylo tedy kompletně splněno, avšak trochu chybí studentova iniciativa udělat něco nad rámec od uvedeného zadání.	

Zvolený postup řešení	vhodný
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Veškeré body zadání jsou nutné vyřešit pomocí výpočetní analýzy. Tu student ovládá velmi dobře. Pro každý bod zadání byl vytvořen nový výpočetní model, byly u něj pečlivě rozebrány hraniční podmínky, dále byla věnována dostatečná pozornost vstupním datům, která byla navíc i u některých modelů zpřesněna. Před samotným výpočtem byla provedena citlivostní analýza sítě. Velmi kladně hodnotím ověřování každého výpočetního modelu i uživatelem definovaných funkcí vhodnými metodami.	

Odborná úroveň	výborná
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Práce je vhodně členěna, teoretická část je zde mírně upozaděna praktickou a některé části jsou tak hůře pochopitelné. Lze pochválit, že je práce výstižná a není příliš popisná. Při velikém množství analyzovaných dat to lze částečně prominout. Provedení výpočtů je jedním důsledkem toho, že si student osvojil schopnost pracovat s pokročilou výpočetní metodou pro výpočty teplotních polí. Student si však osvojil i základy práce numerických výpočtů a každý model řádně ověřil a analyzoval. Vhodně také pracoval se vstupními daty pro jednotlivé výpočty. Nad rámec standardního použití výpočetního programu student zvládl použít uživatelem definované funkce v programu ANSYS Fluent, což svědčí o velmi dobrém nakládání s odbornou literaturou.	

Formální a jazyková úroveň	průměrná
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Kvalitu práce mírně snižují některé zavádějící informace a tvrzení, v úvodu (str. 16) není specifikováno, že se jedná o energetické reaktory a podobně jako v bakalářské práci není v celé práci uvedena přesná modifikace použitého paliva TVSA-T. Nebylo také komentováno modelování mřížek. Na str. 34 je uvedeno, že emisivita slitiny E110 byla uvažována stejně pro vyhořelé i nevyhořelé palivo, ale není uvedeno, jakému palivu odpovídá použitá hodnota 0,8. Grafy a tabulky jsou dobře čitelné, ale někde chybí přesný název, jako např. u tabulky A.4, kde není specifikováno, o jaký tlak helia se jedná. Výpočty byly přehledně zpracovány v grafech, které byly často podpořeny barvami pro lepší názornost a jsou vždy shrnuty i v tabulkách pro lepší čitelnost. Práce je jinak zpracována na velmi dobré textové i grafické úrovni. Práce je vhodně členěna, obsahuje přiměřené množství obrázků, tabulek a grafů, které práci vhodně doplňují a zpřehledňují. Jelikož byla práce napsaná ve slovenském jazyce, tak jako oponent nemohu objektivně hodnotit případné překlepy v textu související s pravopisem.	

Výběr zdrojů, korektnost citací	průměrné
<i>Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.</i>	
Citace použitých literárních zdrojů jsou co do počtu standardní a správně použity. Chybí zde porovnání s jinými výpočty nebo experimenty, i když je často obtížné se k takovým informacím dostat. Jen pro názornost mohly být uvedeny výsledky z jiných diplomových prací nebo ze studentovy bakalářské práce. Jak už bylo zmíněno výše, tak student potvrdil dobrou práci s dostupnými zdroji právě v tvorbě výpočetních modelů, kde bylo potřeba získat informace o modelovaných objektech, dále informace o materiálových charakteristikách a na závěr musel student nastudovat rozsáhlý manuál k výpočetnímu programu. V rámci diplomové práce mohlo být využito více citací z vědeckých článků.	

Další komentáře a hodnocení	
<i>Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.</i>	
Většina z těchto bodů je zahrnuta v předchozích komentářích. Zmínil bych zde jen, že omezení volby výpočetního modelu je jen stručně komentováno na úvodu. V závěru hodnocení výsledků pak není dostatečně diskutováno, jaký mělo navrhované řešení vliv na výsledky.	

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uveďte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.

Student předloženou práci prokázal, že si osvojil potřebné teoretické poznatky a metody práce, získal studijní návyky a projevil snahu o pochopení problematiky. Provedl velké množství analýz a výpočtů, v práci s výpočetním programem šel i nad rámec standardního použití. Kladně hodnotím zejména přístup k tvorbě výpočetních modelů, kdy byl kladen velký důkaz na ověřování všech modelů a dále využití uživatelem definovaných funkcí v programu ANSYS Fluent. Z celé práce bohužel trochu chybí studentova iniciativa udělat něco navíc od uvedeného zadání. V práci se vyskytovalo několik nejasností a nepřesných formulací. Omezení volby výpočetního modelu je jen stručně komentováno na úvodu a v závěru hodnocení výsledků není dostatečně diskutováno, proto mám ke studentovi následující dotazy:

1. Vysvětlíte prosím tvrzení na straně 23 „Výpis vypočítaných veličin v prostředí programu Fluent nedovoluje porovnání s analytickým výpočtem tepelného toku přenášaného pomocí tepelné radiace pro všechny geometrie.“.
2. V rámci analýzy jemnosti sítě např. v Obr. 3.4 byly pozorovány jen zanedbatelné rozdíly v teplotách. Jak vysvětlíte tento jev? Byly provedeny i analýzy s podstatně hrubší sítí?
3. V celé práci byl zanedbán vliv přirozené konvekce na rozložení teplotních polí. Můžete prosím komentovat, proč bylo přistoupeno k tomuto omezení? Jak by se podle Vás změnilы výsledky uvedené v Obr. 3.8? Jak by to ovlivnilo náročnost výpočtu?
4. Uveďte tabulku s počty iterací do dosažení stanovené konvergence pro výpočty v jednotlivých kapitolách.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **B - velmi dobře**.

Datum: 25.5.2022

Podpis: elektronicky