

**I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE**

<b>Název práce:</b>	Studium mechanického chování pokrytí pokročilého jaderného paliva a jeho bezpečnostní hodnocení
<b>Jméno autora:</b>	Bc. Tereza Kinkorová
<b>Typ práce:</b>	diplomová práce
<b>Fakulta:</b>	Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská (FJFI)
<b>Katedra:</b>	Katedra jaderných reaktorů (KJR)
<b>Oponent práce:</b>	Ing. Pavel Veselý, CSc
<b>Pracoviště oponenta práce:</b>	ČEZ, a.s. konzultant

**II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ**

<b>Zadání</b>	<b>náročnější</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
<p>Zadání obsahuje úkoly, které svým rozsahem a hloubkou odpovídají požadavkům na diplomovou práci. K zadání mám nicméně následující komentář. Obecně bych jako první bod zadal seznámení s podmínkami provozu palivových elementů v normálních a havarijních podmínkách. To je výchozí pro pochopení řešeného problému a volby řešení, které se od diplomanta následně vyžaduje. Další dva body zadání jsou odpovídající. Čtvrtý bod zadání by měl definovat o jaké kódy jde, kam se budou získané výsledky implementovat! No a pátý bod je příliš obecný, protože pokud by ho diplomant měl splnit z hlediska obecnosti jeho zadání, musel by začít u TH výpočtů, což je jiná kapitola. To souvisí s komentářem k bodu 4. V případě pátého bodu zadání by mělo být jasně definováno, že v daném případě jde o parametry experimentu IFA realizovaného na Haldenském reaktoru.</p>	

<b>Splnění zadání</b>	<b>splněno s výhradami</b>
<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>	
<p>Zadání diplomové práce bylo s ohledem na možnosti diplomanta splněno ve všech bodech. V jednotlivých případech by si práce zasloužila doplnit o některé detaily např. z oblasti anizotropie Zr materiálů a deformačních mechanismů majících vliv jak na mechanické testy, tak creep. Detailněji mohl být zdůvodněn výběr použitých kódů.</p>	

<b>Zvolený postup řešení</b>	<b>vhodný</b>
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
<p>Zvolený postup řešení diplomanta vycházel ze zadání DP a dále možností experimentálních pracovišť včetně sdílení zkušeností jejich pracovníků (metodik k provedení testů, zkušenosti se zkušebními zařízeními, jeho „problematická“ místa vzhledem k typu vzorků atd.). Vlastní experimentální práce vychází z teoretického rozboru problému. Volba typu vzorků je provedena na základě publikací obdobných prací KFKI Budapešť. V rámci zpracovávaných výpočtů u aplikovaných kódů pak výpočty jsou realizovány s dostupnou, vhodně navrženou volbou korelací, materiálových knihoven a pracovních manuálů kódů.</p>	

<b>Odborná úroveň</b>	<b>výborná</b>
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
<p>Práce provedením odpovídá standardu diplomových prací. Obsahuje teoretickou část a experimentální část a rozsáhlou přílohu obsahující korelace, popis experimentu IFA a vstupní data do FRAPCON/FRAPTRAN. V některých případech se nicméně teoretická část znovu vrací v souvislosti s realizovanými testy a jejich výsledky.</p>	



Je možné, že se teoretická část a příprava aparátu na zpracování výsledků pak stává prakticky méně přehlednou. Postrádám i upřesnění vlivu faktorů prostředí PWR na výsledky testů v autoklávu UJV (v JRC ?), např. vliv upínacích prvků a tuhosti stroje (diskuse např. na základě vzorků, které lze považovat za standard v rámci ověření metodiky), prostředí. Co postrádám je přesná charakteristika použitých vzorků. Jako efekt, který dle mne snižuje vyznění práce je absence samostatné kapitoly „diskuse výsledků“. Toto je provedeno v závěru, nicméně nezdá se, že by pak byly všechny souvislosti využity a výsledky plně popsány. Bylo by vhodné věnovat i více pozornosti konceptu ATF, jeho specifickým vlastnostem a důvodů jeho vývoje a zavádění.

**Formální a jazyková úroveň**

**průměrná**

*Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.*

Součástí zpracování diplomové práce je i dosažená schopnost přesného inženýrského vyjadřování a popisu experimentálně zjištěných jevů, či provedených výpočtů a diskuse výsledků. Formálně jsou v práci ponechány překlepy, chybná gramatika (čárky), či v některých odstavcích nejsou popisy jevů přesně inženýrsky uvedeny. Jako problematické hodnotím velikost zpracovávaných grafů, které by měly být tak 1,5 x větší (popis os je obtížně čitelný). Formálně v některých případech, pro správnost, postrádám odkazy na zdroje. Dělení a obsah práce není jednoznačný z hlediska teoretické části a experimentální části (tady asi měl více pomoci vedoucí DP, či některý z konzultantů). Obsah některých vyjádření v textu by měl být více promyšlen, aby přesně vystihoval podstatu věci. Některé proměnné uvedené ve výrazech nemají specifikaci v textu.

**Výběr zdrojů, korektnost citací**

**výborné**

*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.*

Práce obsahuje celkem 56 odkazů. S ohledem na šířku zadání, to znamená studovat jevy od problematiky napjatosti ve zkušební trubce, vyjádření anizotropie zcela specifické pro slitiny Zr, fenomenologických jevů při tahových zkouškách a creepových testech na rozdílných typech materiálů (trubky bez pokrytí a s pokrytím vrstvou Cr). Navíc vzhledem ke zkouškám za zvýšených teplot pak přistupuje změna strukturních parametrů slitin doprovázená jejich oxidací. Zde lze konstatovat, že problematika je v citacích obsažena včetně citací na výpočtové kódy. Vzhledem k aktuálnosti vývoje ATF bych dále preferoval využít více informace z posledních konferencí TOPFUEL (má k dispozici ved. DP). Poznámku mám k citaci legislativních požadavků SÚJB, tj. vyhlášek a návodů, které jsou závazné. Citovaný návod z roku 2005 je již neaktuální a byl nahrazen souborem nových návodů v roce 2017 (Vyhl. SÚJB 329/2017 a návod BN-JB-3.2/2017) a tím je dáno i názvosloví (užito pelety, správně tablety).

**Další komentáře a hodnocení**

*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.*

Práce splňuje zadání, ale v některých oblastech bych si představoval rozsáhlejší a detailnější teoretické rozpracování některých řešených problémů (např. creep, obecně koncept ATF a důvody jeho zavedení, volba užití kódu FRAPCON/FRAPTRAN). Práci by i efektivně doplnilo strukturní hodnocení na vzorcích po provedených testech (deformační charakter povrchů a lomové plochy) i detailnější celková diskuse výsledků (viz třetí bod zadání).



### 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.*

*Klepněte sem a zadejte text.*

Předložená diplomová práce splňuje zadání, které je, jak bylo konstatováno v úvodu, velmi široké z hlediska diplomové práce a představuje několik specifických materiálových oborů. Logicky to vedlo k tomu, že některé oblasti nebyly např. teoreticky popsány do větší hloubky, jak je konstatováno v předcházejících bodech. Rovněž je oponentem vyjádřena výtka věnovaná menší péči kvalitě textu a přesnosti inženýrského popisu problému.

Práce doplňuje výzkum prováděný v oblasti testování povlaku jaderného paliva, jak je v současnosti preferován ČEZ, a.s., pro používaná i perspektivní paliva, zejména perspektivně uvažované palivo ATF s vyšší odolností v projektových a nadprojektových haváriích (DEC A, DEC B). Vysoce hodnotím přepočítání experimentu IFA 650-9 s refabrikovaného paliva elektrárny Gosgen s vysokým vyhořením.

Kromě výše konstatovaných poznámek mám několik specifických dotazů k diskuzi:

- Jsou použity různé počty vzorků např. při dané teplotě testu, jaké hodnoty byly použity pro výpočty (střední hodnoty)?
- Uveďte tabulku s upřesněním typu vzorků (slitin) presentovaných v tab.3.4, zkušební plán.
- Co se rozumí za teplotu pod označením PT v tab.3.1.
- Jak lze charakterizovat oxidaci vzorků na vzduchu (testy) oproti podmínkám v reaktoru (přehřátá pára).
- Bylo by možné kvantifikovat počet a šířku a hloubku trhlin v Cr pokrytí podél vzorku na jednotkovou délku (kvantita a šířka trhlin na mm pro danou tloušťku Cr pokrytí), případně ji vztáhnout k lokální deformaci?
- Jsou někde k dispozici tloušťky pokrytí oxidickou vrstvou spočtené dle Pilling-Bedworthova poměru (kap.3.5.1) ?
- Jak vypadal přípravek pro tangenciální (prstýnkové- ring test) vzorky? Která varianta přípravku byla použita z uvažovaných (viz. Obr. 3.2).
- Jak vysvětlíte výrazný rozdíl získaného strukturního faktoru A mezi fází  $\alpha$  a  $(\alpha + \beta)$ ?
- Jak vypadá napěťový stav na rozhraní vrstev ATF a na jakých parametrech bude záviset (viz obr.3.29)?
- K experimentu IFA, můžete komentovat výsledek obvodové deformace z tabulky 4.7 a grafu obr.4.8.

I přes některé připomínky k diplomové práci předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **B - velmi dobře.**

Datum: 26.8.2022

Podpis:

