

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

<b>Název práce:</b>	<b>Analýzy změn parametrů vyhořelého jaderného paliva v průběhu suchého skladování v meziskladu pomocí kódu FRAPCON</b>
<b>Jméno autora:</b>	<b>Jindřich Prášil</b>
<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. Martin Dostál, Ph.D.
<b>Pracoviště oponenta práce:</b>	ÚJV Řež, a. s.

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

<b>Zadání</b>	<b>náročnější</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadání práce hodnotím jako středně těžké až těžké, protože student musí být schopen vypořádat se studiem mnoha vzájemně provázaných jevů a mechanismů. Téma je aktuální, protože použité palivové soubory jsou do obalových souborů zaváženy na obou našich jaderných elektrárnách, a znalost stavu palivových proutků je proto důležitá.	

<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>	
Zadání je ve všech svých čtyřech bodech splněno, nicméně v některých případech s výhradami. Jde zejména o neúplnou rešerši modelů Datingu (bod 2 zadání), nedostatečnou diskusi rozdílů mezi výpočty použitých verzí kódu (bod 3 zadání) a málo podrobné popisy neobsahující základní charakteristiky některých jevů (bod 4 zadání). Konkrétní připomínky včetně dotazů k obhajobě, jejichž úspěšné zodpovězení může tyto nedostatky částečně nahradit, jsou uvedeny níže.	

<b>Zvolený postup řešení</b>	<b>vhodný</b>
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Postup a metody řešení byly zvoleny správně. Jen je škoda, že práce nebyla u palivových souborů VVER-1000 zaměřena také na typ VVANTAGE-6, který byl na ETE používán 10 let a v současnosti jsou tyto palivové soubory zaváženy do obalových souborů, a kde by byl přínos práce výraznější, protože bylo používáno pokrytí Zircaloy-4 a ZIRLO. U těchto slitin dochází k větší hydridaci pokrytí během vyhořívání a jevy sledované v práci by se mohly uplatnit více.	

<b>Odborná úroveň</b>	<b>průměrná</b>
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Z pohledu odborné úrovně nešel student do hloubky a jednotlivé jevy a mechanismy jsou popsány velmi stručně a mohou působit dojemem studentova nepochopení některých z nich. U DHC (zpožděné hydridické praskání) je důležité nejen napětí, ale zejména koncentrace vodíku/hydridů, která zmíněna není a také přítomnost koncentrátoru napětí z vnější strany pokrytí. Očekávala by se zmínka o vzniku a koncentraci hydridů a diskusi o obsahu vodíku v uvažované slitině E110, který je i po pěti letech vyhořívání velmi malý (pod 100 ppm, což bylo v práci také vypočteno – Tab. 3.2) a přítomnost koncentrátoru napětí z vnější strany nemusí být příliš pravděpodobná díky malé oxidické vrstvě. Naopak u jevu SCC se trhlinka šíří z vnitřní strany pokrytí a je nutná jak dostatečná velikost a koncentrace napětí (např. trhliny ve vnitřní oxidické vrstvě – není zmíněno), tak	

přítomnost korozních produktů (je zmíněno; nicméně problematika dosažení dostatečné koncentrace není diskutována).

### Formální a jazyková úroveň

### průměrná

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

V práci se nachází minimální množství překlepů a gramatických chyb. Stylistika se také jeví na dobré úrovni, takže text je čtivý. Nicméně SCC (stress corrosion cracking) je přeloženo jako koroze pod napětím, což může naznačovat nepochopení jevu, protože jde o praskání/šíření trhliny při napětí za působení korozních (štěpných) produktů. U rovnice (5.3) a následných není uvedena jednotka rychlosti creepu a nejsou uvedeny jednotky některých parametrů v Tab. 5.2. Další dvě drobnosti: zkratkou PP je označeno pokrytí proutku, zatímco obvyklý úzus je palivový proutek, takže čtení práce je mírně ztíženo; SUJB je ve zkratkách uveden nesprávně jako Státní úřad jaderné bezpečnosti, v textu je přitom správně Státní úřad pro jadernou bezpečnost.

### Výběr zdrojů, korektnost citací

### průměrné

*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.*

Množství zdrojů se jeví dostatečné, nicméně chybí základní zdroje pro popis některých jevů a chybí některé zdroje, které se podobnou problematikou zabývají. Dva zdroje byly citovány bez uvedení data (14, 15). Pro Dating není použit novější zdroj z roku 2001 (Dating rev. 1) (odkaz přitom je v citované literatuře 17), kde jsou popsány některé inovované modely. Z toho vyplývá, že např. ne všechny rovnice v DP označené (1.15) až (1.19), jež jsou zřejmě z lit. 28, jsou v použité verzi Datingu (a pohled do zdrojového kódu Datingu tuto domněnku potvrzuje). Literatura 11 (článek z roku 2017), uvedená jako možnost výpočtu DHC (kap. 5.3) má také svoji novější verzi (článek z roku 2020). U některých pasáží a rovnic není zřejmé odkud byly převzaty.

### 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.*

Popisy některých jevů by si zasloužily detailnější rozbor. Stejně jako rozdíly ve výsledcích výpočtů dvěma verzemi programu, kde je diskutován rozdíl ve vypočtené oxidické vrstvě, nicméně např. vyhodnocení dosaženého poměrně velkého rozdílu v prodloužení proutku není diskutováno vůbec. Podrobnější by mělo být také hodnocení stavu paliva v kap. 4, kde je uvedena pouze deformace, přidáním dalších veličin charakterizujících stav paliva (např. velikost mezery, vnitřní tlak, ...). Jako hlavní jev ohrožující integritu pokrytí při suchém skladování byla správně identifikována creepová deformace a naznačené možnosti vylepšení výpočtu (kap. 5) jdou správným směrem a představují hlavní výsledky práce.

### III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

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

Diplomová práce působí spíše povrchním dojmem, jako by dopracování probíhalo v časové tísní, protože řešerše by zasloužila důslednější provedení, některé jevy detailnější popis a diskuse výsledků hlubší rozbor rozdílů mezi verzemi kódu.

Po důkladném čtení mám několik dotazů, jejichž zodpovězení studentem při obhajobě potvrdí pochopení a orientaci v problematice a umožní navrženou známku o stupeň zlepšit:

- a) Jaká může být příčina snížení prodloužení proutku (Tab. 3.2) nebo dokonce záporné prodloužení proutku (Tab. 3.4) mezi jednotlivými verzemi kódu a také obecně?
- b) Jaký radiální profil teploty v palivovém proutku očekáváte v OS (v práci je uváděna vnější teplota pokrytí)?
- c) Jak byla získána průměrná teplota paliva (Obr. 3.5 a 3.9) a proč je vyhodnocována?
- d) Je obsah vodíku/hydridů ve výpočtu DHC (kap. 5.3) nějak uvažován?
- e) Jaké korozní produkty mohou působit při SCC a je nějaký stav ve Vámi studovaných podmínkách, kdy by jich mohlo být dostatečné množství?

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **D - uspokojivě**.

Datum: 17.5.2022

Podpis:

