

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Simulace vzniku a šíření taveniny při těžkých haváriích jaderných reaktorů
Jméno autora:	Jan Komrska
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta strojní (FS)
Katedra/ústav:	Ústav energetiky
Oponent práce:	Tomáš Janda
Pracoviště oponenta práce:	ÚJV Řež, a.s.

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

<b>Zadání</b>	<b>náročnější</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Ovládnout dva výpočtové kódy a získat a interpretovat výsledky je velmi časově náročné, přihlédneme-li navíc k rešeršní části, která je z velmi specifického oboru, získávám dojem velké časové náročnosti zadání.	

<b>Splnění zadání</b>	<b>splněno</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 bylo splněno.	

<b>Zvolený postup řešení</b>	<b>vynikající</b>
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Vzhledem k omezenému času, který byl poskytnut na řešení úlohy, byl zvolen relativně rychlý, avšak přesný postup řešení problému.	

<b>Odborná úroveň</b>	<b>A - výborně</b>
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Přestože se v rešeršní části občas vyskytly nepřesnosti, nijak to neovlivnilo podstatu řešeného problému. Zhodnocení rozlivu kória v kontejnmentu je komplexní úloha a použití 3D nástroje Anys Fluent je velmi dobré.	

<b>Formální a jazyková úroveň, rozsah práce</b>	<b>A - výborně</b>
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Přesto, že se v textu práce vyskytovaly nějaké překlepy a pár nedokonalých formulací, nijak to nesnižuje celkový dojem z odborné práce, protože jejich četnost byla zanedbatelná. Myšlenky jsou v texty předestřeny jasně a srozumitelně. Úprava dokumentu je vynikající.	

<b>Výběr zdrojů, korektnost citací</b>	<b>A - výborně</b>
<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>	
Je patrný vliv odborného vedoucího práce, který studenta vybavil vhodnou dokumentací ke studiu. Citace pramenů jsou v textu časté a logické. Citace jsou v textu řádně odlišeny a seznam literatury plně splňuje požadavky norem.	

<b>Další komentáře a hodnocení</b>	
<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>	

**Níže jsou uvedeny mé poznámky, které vznikly během čtení textu:**

seznam zkratk, str.8, chybí vysvětlení pro zkratku SCRAM

str15 sekce1.1 odst3: pojistný ventil nezůstal otevřen omylem, ale vlivem mechanické poruchy

"V poslední chvíli se však operátorům podařilo situaci zvrátit" - Jakým způsobem?

odst4: "Velkou měrou štěstí se pak podařilo operátorům znovu rozběhnout čerpadla a v omezeném..."

Jaká čerpadla, hlavní cirkulační, vysokotlaká?

"Tím se jim podařilo zchladit taveninu a ta zůstala usazená na dolním dnu tlakové nádoby." – Označuje se jako nosná deska AZ.

str18 sekce1.3 odst4: "Ve výsledku se podařilo zachránit reaktory pouze bloků 5 a 6." - správně 4,5,6

"Nejhůře na tom byl blok 4, který měl většinu paliva vyloženou v bazénu skladování vyhořelého paliva, a tudíž palivo nebylo uloženo v nádobě reaktoru" - palivo v BSVP nebylo ohroženo tavením paliva – bazén obsahoval spoustu vody, výbuch vodíku, který nastal v reaktorovém sále byl způsoben ventilací sousedního bloku 3.

"Ačkoliv došlo k destrukci 4 reaktorů z celkových 6" – Došlo k destrukci 3/6 reaktorů.

str21 sekce2.2.2 odst1: "Nejvýraznějšími přispěvateli jsou pak exotermické reakce zirkonu, chromu a křemíku." – Chybí zmínka o Fe.

kapitola 2 - vynikající popis fyzikálních dějů a fenomenologie.

str25 sekce3.1 odst3: Nejběžnější plynné produkty jsou pak především vodní pára a CO<sub>2</sub> [19]. - Chybí zmínka o vodíku.

str25 sekce3.2 odst2: "desítky cm/s" – Patrně se jedná o rychlost bublin probublávajících taveninou, chybí označení rychlosti a její vysvětlení.

str26 sekce3.2 odst1: "probublávají taveninou rychlostí v jednotkách cm/s" Patrně se jedná o nepochopení pojmu povrchové rychlosti (superficial velocity) = hm.objem vytvořených plynů [m<sup>3</sup>/s] dělený plochou horní krusty [m<sup>2</sup>]. Kvantitativní zhodnocení tvorby plynů vznikajících při ablaci betonu.

str27 sekce3.3.2 odst1: "Tento jev pak následně vyvolává fluidizaci uvnitř taveniny" – Nepochopení významu termínu fluidizace = zkapalnění pevných látek plynem – např. prach se chová jako kapalina. Tavenina je už sama o sobě kapalina - suspenze kapalné a pevné látky, promíchaná plynem. přejato z [19]. – chyba je asi už i ve zdroji.

kap3 - velmi dobrý popis fenomenologie

str28 sekce4 obr11: Obr1 nekoresponduje s popisem - má zobrazovat IVR-in - chladiivo má být uvnitř a ne vně TNR.

Skvěle popsán IVR a EVR.

str30 sekce4.2.1 odst1: "Tavná zátka má za úkol zadržet korium po co nejdelší dobu tak, aby došlo k co největšímu vylití koria z tlakové nádoby reaktoru." – Ale taky natavit veškerý obětní beton -> snížení viskozity.

odst3: "že pod betonovou deskou, na kterou se usadí korium," - Jedná se o ocelovou desku s obětním betonem na povrchu a chladícími kanály vespod.

kap4 - Dostatečný popis lapačů koria s drobným nedostatkem ohledně konceptu lapače EPR.

kap5 - Velmi dobrý popis ALLEGRA a jeho lapače koria.

kap6 - Vynikající popis výpočetních kódů.

kap7 - Výborný popis modelu a výpočtu kódem MELCOR.

kap8 - Vynikající popis sítě a výpočtů i vizualizace výsledků kódem Ansys Fluent, skvělý popis rozlivu a jeho extrapolace na celkovou plochu lapače kória.

Závěr - střizlivé a přehodné zhodnocení provedené práce.

Gramatika/překlepy:

str.34 sekce4.3 odst4: "aby minimalizovali jeho" ->minimalizovaly

str.36 kap5 odst3: "ověření funkce bezpečnostních systému plyných reaktorů"->systémů

str.40 sekce6.2.1 odst3: "Samotný kód ASTEC je poskládaný z několika balíčku,"->balíčků

str.48 sekce7.4 odst4: "koria z tlakové nádoby reaktory."->reaktoru

str.51 tab.3 řádek4: "Hmotnost ablaované Fe 2 O 3 [kg]"-> ablované

str.51 sekce7.6 odst5: "Zavedením dalších balíčku"->balíčků

str.60 sekce8.5 odst3: "K těmto zjednodušením ohledně chování vzduchu bylo přistoupeno především z toho, že"-> z toho důvodu, že

str.62 sekce8.6.3 odst3: "došlo k velmi nestacionárnímu nárůstu maximální rychlosti simulacstri."->simulace

str.63 sekce8.6.3 odst2: "Na Obr.40 je situace naznačena úniku atmosféry vykreslena." - nevhodná formulace

str.64 sekce8.6.3 odst1: "K dalším nestacionaritám z hlediska maximální rychlosti docházelo při dopadání koria na podlahu lapače, kdy se přes velmi dynamicky „vozili“ oblasti vyplněné korie." - nevhodná formulace

str.65 sekce8.6.3 odst1: "se jedná o nedostatky numerického modelu vícefázové proudění popsaného modelem VOF." -> vícefázového

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

Použití kódu MELCOR 2.2 pro výpočet počátečních a okrajových podmínek vyžadovalo vytvoření integrálního modelu reaktorové šachty s obětním betonem a tavnou zátkou. Samotné zorientování se ve vstupním modelu a především pak ve změti výstupních proměnných, jejich vizualizace a vyhodnocení pak samo o sobě představovalo časově vysoce náročný úkol. Student musel stanovit složení kória a jeho vlastnosti při selhání tavné zátky. Dále student obdržel 3D geometrii rozlivového prostoru, tu musel analyzovat a patřičně zjednodušit, využít symetrie a podobně. Nakonec musel student zadat okrajové a počáteční podmínky, teplotně závislé chování kória a další charakteristiky do programu Fluent, což vyžaduje hlubší znalosti tohoto výpočetního nástroje. Jak víme z prací pana P. Záchy z ČVUT, volba meshovací sítě velmi ovlivňuje výsledek výpočtu, proto velmi oceňuji přizpůsobení z kombinování meshovací sítě povaze úlohy. Analýza prvních 5ti sekund rozlivu podala odpověď na kvalitu rozlivu tunelem a na ploše lapače kória. Nyní je možné říci, že s velkou pravděpodobností dojde k rozliti kória do celé plochy lapače a to je také premisa toho, že po zahájení chlazení v lapači bude moci být kórium úspěšně uchlazeno. Rozliv kória v kontejnmentu je velmi aktuální téma rezonující inženýrskou společností v České Republice a tato práce, byť „pouze“ magisterská, má velký potenciál pro budoucí rozvoj a zpřesnění, nejedná se o nějaký „školometný“ problém, ale o dobře zvolenou aplikaci dobrého nástroje, dohromady to tak dává čtivý a zajímavý text.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **A - výborně**.

Datum: 20.6.2022

Podpis: