

Posudek bakalářské práce

Ověření LOCA a RIA kritérií

pro vybrané havarijní scénáře s pokročilým jaderným palivem

Autor: **Tereza Kinkorová**
Obor: **Jaderné inženýrství**
Druh práce: **Bakalářská práce**
Vedoucí práce: **Ing. Martin Ševeček, Ph.D.; KJR FJFI ČVUT v Praze**
Konzultanti práce: **Ing. Mojmír Valach, CSc.; ALVEL, a.s.**
Ing. Jakub Krejčí, Ph.D.; UJP Praha, a.s

Celkový přístup studenta k řešení zadaného úkolu

Z textu předložené práce a jejího zpracování vyplývá velmi dobrá spolupráce s vedoucím práce Ing. Martinem Ševečkem, Ph.D.; i s výborně zvolenými konzultanty Ing. Mojmírem Valachem, CSc a Ing. Jakubem Krejčím, Ph.D. (kteří jsou odborníky pro zpracovávání i posuzování bezpečnostní dokumentace jaderných zařízení) při zpracovávání způsobu posuzování jaderné bezpečnosti ověření LOCA (Loss of Coolant Accident - havárie se ztrátou chladiva) a RIA (Reactivity Initiated Accident - havárie způsobená vnosem reaktivity)

Zvolený postup řešení

Práce se vyznačuje širokým záběrem směřujícím k posouzení kritérií pro vybrané havarijní scénáře s pokročilým jaderným palivem. Obsahuje základní pojmy související s jadernou bezpečností a jejím hodnocením, počínaje popisem palivového systému lehkovodných jaderných reaktorů přes popis dějů a mechanismů (vlivy na palivo a mechanismy porušení palivových elementů), kterými je podrobena palivo a jím odpovídajícím konstrukčním či provozním omezením - kritériím. Zvláštní pozornost je věnována bezpečnostním kritériím pro havárie typu LOCA a RIA, uvedena jsou i současná kritéria platná ve vybraných státech. Stručně je popsán průběh a chování paliva při obou uvažovaných projektových haváriích.

Hodnocení bezpečnosti jaderných elektráren je vyžadováno legislativou a je podstatnou součástí bezpečnostní dokumentace jaderných zařízení. Zmiňován je deterministický přístup a pravděpodobnostní přístup. Bylo by patrně vhodné se zmínit jednak o kombinované metodice (best estimate výpočetní program s konzervativními vstupními předpoklady) a jednak o metodice BEPU (best estimate výpočetní program s vyhodnocením neurčitostí). Oba přístupy jsou doporučovány např. v IAEA Safety Reports Series No. 52.

Konzervativní přístup k analýzám neposkytuje znalost skutečné rezervy k licenčním požadavkům a někdy ani nemusí vést ke konzervativním výsledkům v celém rozsahu analyzovaného procesu. Proto je snaha vyvíjet a využívat metodu „nejlepšího odhadu“ („the best estimate plus uncertainties - BEPU“) k dosažení nejlepší predikce v podmínkách neurčitosti vstupních dat a výpočetního programu.

Experimentální ověřování je obsahem více mezinárodních projektů např. Haldenského reaktorového projektu (OECD - Halden Reactor Project - HRP), projektu integrity povlaku (Studsvik Cladding Integrity Project - SCIP), experimentálního reaktoru v Cadarache (CABRI). Popis chování palivových proutků je multioborový problém, vyžaduje využití

několika vědních disciplín: jaderné fyziky, termokinetiky, termohydrauliky, fyziky pevné fáze, metalurgie, aplikované mechaniky, numerické matematiky a výpočtového modelování.

Popsán je i stávající stav vývoje pokročilého jaderného paliva ATF (accident tolerant fuel, advanced technology fuel), které by mělo delší dobu než současné palivo odolávat nepříznivým podmínkám v reaktoru při projektových i těžkých haváriích. Diskutována je aplikovatelnost stávajících bezpečnostních kritérií na ATF palivo, zejména s novým pokrytím (Zirkoniové pokrytí s ochrannou vrstvou kovovou nebo keramickou, pokrytí ocelové FeCrAl, keramické pokrytí na bázi karbidu křemíku a z ruské chrom-niklové slitiny 42HNM s méně známými parametry).

Stručně se popisuje několik termomechanických kódů určených k analýze chování paliva (FRAPTRAN, TRANSURANUS, FEMAXI, BISON, ALCYONE, OFFBEAT).

V rámci práce bylo provedeno několik výpočtů, při nichž byly porovnávány a ověřovány limity kritérií. Provedeny byly výpočty LOCA - testů IFA-650.5, MT-4 a výpočty RIA – testů CABRI CIP0-1, VA-1. Dobře je prezentován popis experimentů a získané výsledky výpočtu včetně porovnání s výsledky experimentů. Nejdříve byly provedeny 4 výpočty s tradičním palivem pomocí termomechanického kódu FRAPTRAN (počáteční podmínky dle stacionárního termomechanického kódu FRAPCON).

Pro výpočet s pokročilým jaderným palivem byl vybrán test IFA-650.5 a použit stejný scénář jako pro výpočet s tradičním jaderným palivem. Výsledky byly vzájemně porovnány a rozdíly vyhodnoceny v diskusi.

Jakým způsobem student splnil zadaný úkol

Zadaný úkol byl beze zbytku splněn.

Dosažené výsledky, jejich přínos a možnost praktického využití

Výborně je zvládnutá část týkající se provedené rešerše a její zpracování. Zvláště cenné je provedení přepočtu LOCA - testu IFA-650.5 s tradičním a pokročilým jaderným palivem.

Formální náležitosti, vnější úprava, vzhled a přehlednost práce

Práce je přehledná, dělení témat je odpovídající. Text je doplněn obrázky, schémata, grafickým zpracováním výsledků výpočtů i jejich porovnáním s výsledky experimentů. Grafická úprava je na vysoké úrovni.

Návrh klasifikace

A (výborně)

V Praze, dne 29.8.2020

Ing. A. Miasnikov, CSc.