

Oponentský posudek disertační práce

Název práce: **Faktory limitující životnost jaderných elektráren s tlakovodními reaktory**

Doktorand: Ing Robert Křivánek

Oponentský posudek je vypracován na základě požadavku děkana fakulty strojího inženýrství VUT v Brně doc. Ing. Jaroslava Katolického, Ph.D., ze dne 8. 11. 2017.

Předložená disertační práce obsahuje 191 stran včetně příloh a je podána na Energetickém ústavu FSI VUT v Brně, školitel doc. Ing. Jan Fiedler, Dr.

Předmětem disertační práce je shrnutí poznatků a důležitých aspektů vyplývajících z provozu jaderných elektráren s ohledem na očekávaný dlouhodobý provoz většiny reaktorů nad rámec předpokládané konstrukční životnosti hlavních komponent.

Aktuálnost tématu disertační práce

Problematika disertační práce je v současnosti aktuální ve většině zemí s provozovanými jadernými elektrárnami, nakolik se množina reaktorů konstruovaných a uváděných do provozu na konci sedmdesátých a v průběhu osmdesátých let minulého století blíží, nebo překročila stanovenou životnost založenou v konstrukčních předpokladech hlavních komponent.

Práce vychází ze širšího spektra dostupných informací platných pro kategorii tlakovodních i varných lehkovodních a těžkovodních reaktorů kde se v závěru soustřeďuje na typické problémy tlakovodních reaktorů (PWR) a specifiku reaktorů VVER a jejich aktuální aspekty prodloužení provozu.

Aktuálnost práce je rovněž dána **možností použití výsledků pro orientaci v této problematice a možné aplikace v rámci činnosti dozorných orgánů, organizací technické podpory a provozovatelů jaderných elektráren** ve fázi stanovení požadavků a přípravy koncepce programu pro zajištění dlouhodobého provozu.

Splnění cíle disertační práce

Disertační práce představuje souhrn výsledků prací a praktických zkušeností disertanta v oblasti stanovení koncepce provozovatele pro zajištění dlouhodobého provozu, výsledky misí a programů provedených v rámci činnosti agentury pro atomovou energii (MAAE) a rovněž výsledky jeho publikační činnosti v odborných časopisech.

Práce se zabývá analýzou dostupných výsledků z misí MAAE, v rámci celosvětově prováděných prověrek provozovaných elektráren. Dále se zaměřuje na uvedení souhrnu příčin a hlavních technických faktorů limitující životnost hlavních bezpečnostně relevantních nevyměnitelných komponent z hlediska vlivu jejich stárnutí a dalších, původně nepředpokládaných degradačních mechanismů, na spolehlivost jejich bezpečnostní funkce. Rovněž se uvádí různé zdroje a databáze poskytující informace o existenci degradačních procesů zaznamenaných u jednotlivých komponent, důležitých pro potřeby hodnocení zbytkové životnosti a prognózy dalšího bezpečného provozu komponent. V závěru se práce soustřeďuje na specifiku tlakovodních reaktorů typu PWR/VVER a výsledky některých výzkumných prací spolu s navrhovanými opatřeními na zajištění požadované životnosti, tím byly **cíle disertační práce naplněny v celém rozsahu.**

Postup řešení zadání a výsledky disertační práce

Poměrně rozsáhlý a obecný soubor výsledků agenturních misí SALTO byl zvolen jako výchozí platforma pro indikaci hlavních poznatků ohledně současné problematiky bezpečného provozu reaktorů a hlavních faktorů limitujících životnost rozhodujících komponent. Přestože se konstatuje že uváděné nálezy a doporučení jsou převážně programatického charakteru, lze identifikovat hlavní cíle a problémy včetně zásadních technických nápravných opatření. V této souvislosti se rovněž správně zmiňuje mezinárodní databáze (IGALL) jako důležitý nástroj k řešení řízení stárnutí a přípravy na bezpečný dlouhodobý provoz (LTO). Pro dosažení závěrečných cílů práce bylo nutné se dotknout problematiky existujících mezinárodních a některých národních legislativních základů, kódů a standardů které ovlivňují procesy hodnocení životnosti a monitorovací metody degradačních procesů. Následně **byly provedeny analýzy faktorů limitujících provoz jaderných elektráren s reaktory typu PWR/VVER tak jak vyplývá z vyčteného cíle práce.**

Význam výsledků disertační práce

V práci uvedené závěry a shromážděné poznatky mohou být použity při přípravě a aktivitách spojených s dlouhodobým provozem jaderných elektráren.

Práce zahrnuje všechny důležité aspekty nutné pro přípravu a určení programu řízeného stárnutí a poskytuje informaci o typických technických nápravných opatřeních a identifikaci klíčových komponent z hlediska zajištění bezpečného dlouhodobého provozu reaktorů. Rovněž dává obraz současného stavu diagnostických a monitorovacích metod aplikovaných obecně a zejména v jaderné energetice za účelem včasné indikace degradačních procesů u bezpečnostně klasifikovaných komponent a na to navazující aplikaci výpočtů umožňujících hodnocení komponenty z hlediska její životnosti a možného dalšího bezpečného provozu.

Důležité jsou rovněž předkládané výstupy ve formě databází používaných na národní a mezinárodní úrovni, jako podpůrný argument při následném rozhodovacím procesu z hlediska výměny komponent nebo dokonce rozhodnutí o konečném odstavení elektrárny. Zde **dává práce celkem ucelený obraz zásadních parametrů v rozhodovacím procesu při posuzování možné způsobilosti elektráren pro provoz nad rámec 40 nebo 60 let a rovněž indikuje možné aspekty při posuzování provozu do 80 roků**, kde procesy jsou znázorněny přehledně v grafické části.

Formální úprava disertační práce

Disertační práce je zpracována na odpovídající formální úrovni. Odhlédneme-li od několika gramatických nesrovnalostí a překlepů a rovněž použití některých technických termínů (zřejmě ovlivněných překladem z anglického originálu), které poněkud snižují celkovou akademickou úroveň práce, lze konstatovat, že celkově má práce obsahově velmi dobrou úroveň a to zejména v grafické části a její přehlednosti.

Připomínky a doplňující otázky k disertační práci

- V práci se uvádí že nálezy a doporučení misí SALTO jsou *převážně programatického charakteru*. Vysvětlete, jaké jsou dle Vašeho názoru možnosti dalšího rozvoje tohoto

servisu MAAE z hlediska možné identifikace konkrétních nálezů a doporučení na úrovni jednotlivých komponent.

- Vysvětlíte základní principy možné aplikace konceptu Leak Before Break pro primární okruh PWR a jeho principiální použitelnost z hlediska aplikace mechaniky lomu pro reaktory VVER, a dále (ne)použitelnost tohoto konceptu pro potřeby dlouhodobého provozu.
- Objasněte rozhodující parametry a důvody pro postulaci trhliny rozměru 1mm uváděnou v případě procesu hodnocení zbytkové životnosti zařízení z hlediska únavového poškození dle VERLIFE.

Závěr

Předložená disertační práce se zabývá problematikou faktorů které ohraničují životnost bezpečnostně klasifikovaných komponent jaderných elektráren s tlakovodními reaktory. Práce má logickou strukturu a svědčí o přehledu a znalostech autora v této oblasti a jeho jak teoretických tak praktických znalostech a zkušenostech z řešení problematiky prodlužování provozu jaderných elektráren.

Na základě posouzení předložené disertační práce a výše uvedených skutečnostech doporučuji disertační práci pana Ing Roberta Křivánka k obhajobě a udělení akademicko-vědeckého titulu Ph.D.

Ve Stockholmu dne 7. 1. 2018



Ervin Liszka, M.Sc.
Senior Advisor in Nuclear Safety
Swedish Radiation Safety Authority