

Termohydraulické testování paliva TVSA-T pro JE Temelín ve ŠKODA JS



ŠKODA JS a.s.

V souvislosti s přípravou kontraktu na dodávku paliva pro jadernou elektrárnu Temelín na další období kontaktovala ruská firma TVEL společnost ŠKODA JS a.s., ve věci technické podpory této



dodávky. Poptávka vycházela ze znalostí prací, které byly v oblasti termohydrauliky reaktorů typu VVER na experimentálních zařízeních ve ŠKODA JS v minulosti uskutečňeny, nebo které zajišťovaly její odborné týmy při spouštění jaderných bloků VVER-440 v Jaslovských Bohunicích, Dukovanech, Mochovcích a VVER-1000 v Temelíně.

ZKUŠEBNÍ ZAŘÍZENÍ A KNOW-HOW

ŠKODA JS se stala finálním dodavatelem primárního okruhu jaderných elektráren. Kromě rozvoje výrobní oblasti se ve firmě věnuje velká pozornost výzkumu. Od poloviny 70. let 20. století byla v experimentální hale v Plzni-Bolevoce vybudována řada jednoúčelových experimentálních zařízení, zaměřených na výzkum termohydrauliky primárního okruhu, přestupu tepla v nestacionárních stavech a havarijních chlazení aktivní zóny. V polovině 80. let byla vybudována dvě



rozsáhlá experimentální zařízení - velká vodní smyčka a stend LKP pro zkoušení lineárních krokových pohonů řídicích tyčí, na kterých je možno dosáhnout provozních parametrů jaderného reaktoru. Tato zařízení plní dvě funkce: jako zkušební zařízení pro závěrečné zkoušky pohonů regulačních orgánů pro reaktory typu VVER-440 a VVER-1000, které firma vyrábí, a dále pro termohydraulické testování paliva pro jaderné reaktory stejného typu.

Práce v oblasti termohydrauliky jaderných reaktorů se téměř 30 let řešily ve spolupráci s odborníky

významných ruských organizací - vědeckého centra Kurčatovský institut a OKB Gidropress.

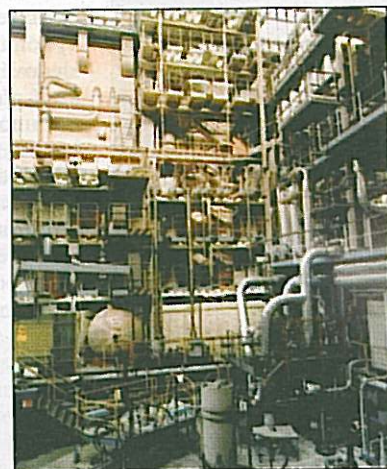
Počátkem 90. let bylo rozhodnuto o záměně paliva pro dostavovanou jadernou elektrárnu Temelín. Pro licencování nového paliva, dodávaného firmou Westinghouse Electric, se ukázalo nezbytné provést řadu experimentálních prací k ověření termohydraulických charakteristik a mechanických vlastností nově navrženého palivového souboru. Pro tyto činnosti měla ŠKODA JS dobré předpoklady a to zejména:

- vybudované experimentální zařízení na zkoušky palivových kazet a pohonů řídicích tyčí
 - dlouhodobé zkušenosti z experimentální činnosti v oblasti termohydrauliky reaktorů typu VVER
 - zkušenosti s instrumentací a měřením na modelech palivových kazet.
- Pro firmu Westinghouse pak byly v období 1992-94 realizovány experimentální práce v tomto rozsahu:
- hydraulické zkoušky palivových kazet a jejich částí
 - pády řídicích tyčí
 - vibrační zkoušky kazet
 - životnostní zkoušky kazet a řídicích tyčí
 - mechanické zkoušky kazet
 - testy kritických tepelných toků a míšených chladiv.

Z uvedeného přehledu je zřejmé, že vzhledem k potřebné návaznosti informací o hydraulických charakteristikách nového a předchozího paliva je zkušebna ŠKODA JS jediným zařízením, kde lze hydraulické testy uskutečnit.

TESTOVÁNÍ PALIVA TVSA-T

V rámci testů paliva TVSA-T se ve společnosti ŠKODA JS uskutečnil dva testy z možného rozsahu, a to:



- hydraulické zkoušky palivové kazety a jejich částí a
- pádové zkoušky klastru TVEL a Westinghouse.

Ostatní potřebné testy byly realizovány na experimentálních stendech v Rusku. Důvody jsou více než praktické - experimentální testy jsou časově a finančně značně náročné. Rada z nich je bezprostředně spojena s vývojem jednotlivých komponent palivových souborů. Jde zejména o testy kritických tepelných toků a míšených chladiv, které musí být zahájeny již při ověřování možných konstrukčních variant jednotlivých dílů. Testy kritických tepelných toků byly ukončeny 6 let před dodávkou paliva na JE Temelín.

HYDRAULICKÉ ZKOUŠKY KAZETY A JEJICH ČÁSTÍ

Cílem hydraulických testů je stanovení koeficientů hydraulického odporu palivové části kazety, patice, hlavice, 1. distanční mřížky, 6 kombinovaných mřížek a hydraulického odporu celé makety.

Testy budou probíhat v rozsahu následujících parametrů:

- tlak média: 15,7 MPa
- teplota média: 120, 220, 280 a 305 °C

- průtok média: od 200 do 600 m³.h⁻¹ (s krokem po cca 50 m³.h⁻¹)

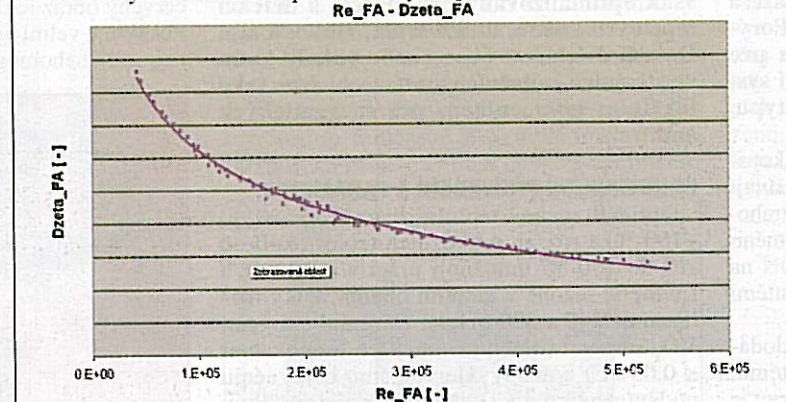
EXPERIMENTÁLNÍ ZAŘÍZENÍ

Zkoušky budou provedeny na experimentálním stendu LKP. Jeho para-

Průtok je měřen na základě tlakové diference na měřicím mřížce, která je umístěna pod opěrnou trubkou palivového souboru.

Experimentální kanál je určen pro zkoušky pohonů řídicích tyčí. Pro hydraulické experimenty s palivovými

Závislost hydraulického odporu makety na průtoku



metry umožňují dosáhnout nominálních hodnot parametrů chladiva jako v reaktoru VVER 1000. Hlavní částí je zkušební kanál, pomocná zařízení tvoří kompenzátor objemu, regenerátor, chladič okruh, filtry, čerpadla a systém doplňování a odpadu.

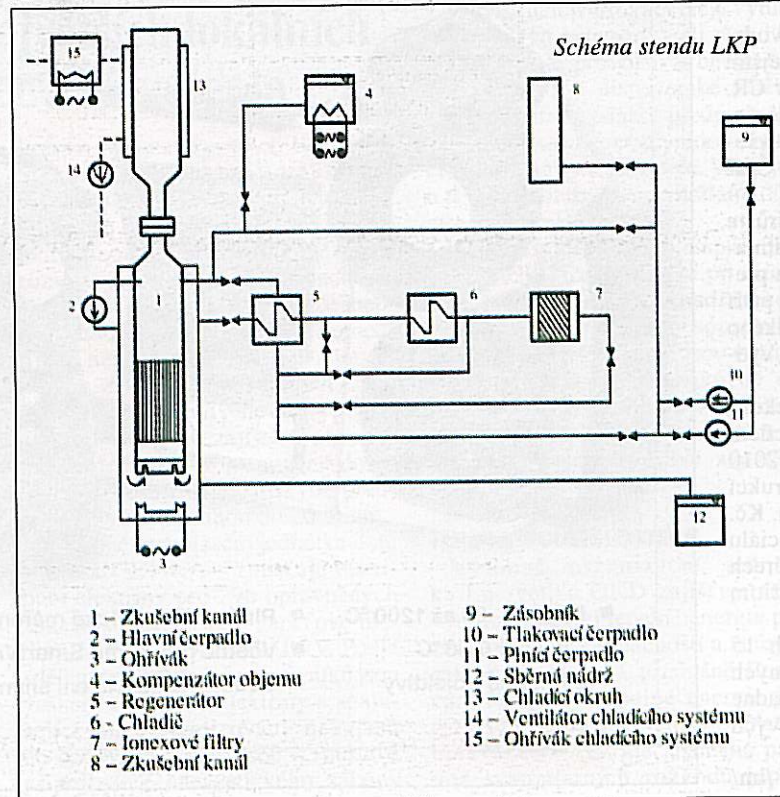
Stend je vybaven systémem měření a řízení provozních veličin - teploty, tlaku, tlakových diferencí, průtoku a odpovídajícím měřicím systémem pro sběr a zpracování experimentálních dat.

Hlavní částí stendu je integrovaný zkušební kanál. Je tvořen tlakovým pláštěm, oběhovým čerpadlem, vnitřní vestavbou, ochrannou trubkou a elektrickým ohřívákem. Zkušební kanál je usazen na nosné konstrukci zkušební šachty.

Vnitřní vestavba, která má tvar šestihranu, je umístěna v nosné trubce a vytváří prostor pro model palivového souboru s řídicími tyčemi. Dolní a horní část kanálu imitují vstupní a výstupní podmínky reaktoru. Cirkulaci vody zajišťuje vysokotlaké oběhové čerpadlo umístěné v mezikusu zkušebního kanálu. Mezikruhový prostorem mezi pláštěm a nosnou trubkou proudí voda od čerpadla dolů, kde se obrací (tzv. Fieldova trubka) a přes měřicí mříž pro měření průtoku, opěrnou trubku a přes testovanou kazetu proudí zpět do čerpadla. Ve spodní části kanálu je elektrický ohřívák, tvořící dno tlakového pláště.

Hlavní parametry stendu LKP:

Parametr	Hodnota	Rozměr
Maximální tlak pracovní látky	15,7	MPa
Maximální teplota pracovní látky	330	°C
Otáčky čerpadla	1500 ÷ 3300	1/min
Maximální průtok pracovní látky	600	m ³ /h
Maximální teplotní gradient	1	°C/min
Výkon chladiče	500	kW



- 1 - Zkušební kanál
- 2 - Hlavní čerpadlo
- 3 - Ohřívák
- 4 - Kompenzátor objemu
- 5 - Regenerátor
- 6 - Chladič
- 7 - Ionexové filtry
- 8 - Zkušební kanál
- 9 - Zásobník
- 10 - Tlakovací čerpadlo
- 11 - Plnicí čerpadlo
- 12 - Sběrná nádrž
- 13 - Chladič okruh
- 14 - Ventilátor chladičového systému
- 15 - Ohřívák chladičového systému

Po stabilizaci parametrů je proveden záznam všech měřených veličin. Tato činnost se nepřetržitě opakuje, až jsou naměřeny všechny zadané kombinace.

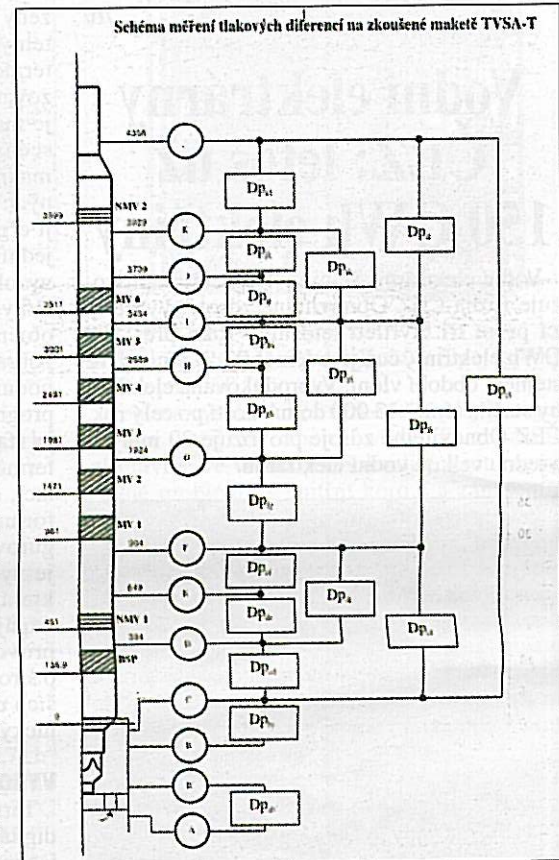
Naměřené hodnoty tlakových diferencí jsou pro všechny zadané kombinace teploty a průtoku zpracovány podle dohodnuté metodiky. Výsledkem je závislost hydraulického odporu na průtoku. Příklad této závislosti je uveden na obrázku vlevo.

Tato závislost bude stanovena jak pro maketu jako celek, tak pro její jednotlivé části.

Pro potvrzení reprodukovatelnosti naměřených hodnot bude cca 30 % experimentálních bodů, tj. kombinací teploty a průtoku, opakováno do jednoho měsíce po ukončení základní série zkoušek.

PÁDOVÉ ZKOUŠKY KLASTRU

Základním cílem je experimentální prověření pádových charakteristik klastru výroby TVEL a klastru výro-



by Westinghouse v maketě palivového souboru TVSA-T.

Tyto zkoušky proběhnou na stejném experimentálním stendu jako zkoušky hydraulické. Doba a průběh pádů budou sledovány celkově při 18 různých režimech provozu zkušebního kanálu postupně při teplotách 50, 120, 220 a 305 °C, a při průtoku média, odpovídajícímu 0, 60, 80 a 100 % nominálního průtoku. Doby a průběh pádů budou sledovány pomocí standardního ukazatele polohy LKP, používaného za provozu na JE Temelín. V každém provozním režimu se uskuteční tři pády příslušného klastru. Pro každý klastr to představuje celkem 54 pádů v průběhu celého testu.

Nastávajícím testům předcházela důkladná příprava zařízení a celých týmů specialistů, která vyvrcholila modelovým provozem nadcházejícího testu, tzn. dvě zkoušky s odstupem cca dvou měsíců. Práce byly provedeny v plném rozsahu zadaných parametrů na testovací maketě, na něž se též uskutečnily testy před 13 lety. Výsledky testu jsou ve velké shodě s výsledky před 13 lety a reprodukovatelnost naměřených hodnot je na hranici 1 %.

Ing. Václav Bláha, CSc.,
vedoucí oddělení
Termohydraulika a diagnostika,
ŠKODA JS a.s.
Orlík 266
316 06 Plzeň

tel.: 378 041 111
fax: 377 520 600
info@skoda-js.cz
www.skoda-js.cz