

„Vývoj paliva se zaměřuje na materiály, které by umožnily prodloužit dobu, po jakou palivo vydrží bez chlazení,“

uveldl v rozhovoru pro All for Power Josef Běláč, výkonný ředitel rusko-české společnosti ALVEL, a. s.



Josef Běláč

Pane řediteli, předpokládám, že v rámci provozu jaderné elektrárny hraje kvalita paliva jednu z významných rolí?

Řekl bych klíčovou. Jeden palivový soubor dnes stráví v aktivní zóně jaderného reaktoru čtyři až pět let, někdy dokonce až šest. Palivové náklady tvoří přibližně čtvrtinu celkových výrobních nákladů elektřiny a je tedy snaha jej využít maximálně efektivně.

Zvyšuje se obecně, v civilních podmínkách, využití energie obsažené v palivu?

Zlepšení využití energie obsažené v palivu při současném zachování požadované vysoké míry jaderné bezpečnosti je obecně cílem většiny modernizací nejen samotného paliva. Jaderné palivo je bez nadsázky prémiový produkt. Jsou na něj kladeny stále vyšší nároky jak ze strany provozovatelů jaderných elektráren z hlediska spolehlivosti a výkonnosti, tak, zejména po havárii v japonské Fukušimě, ze strany dozorních orgánů z pohledu jaderné bezpečnosti.

Má havárie ve Fukušimě spojitost se spolehlivostí a výkonností paliva?

Žádnou. Příčinou havárie byla dlouhodobá ztráta chlazení aktivní zóny a bazénů s ozářeným palivem v důsledku výpadku zdrojů elektrické energie zničených tsunami až několik hodin poté co byly všechny reaktory automaticky a správně odstaveny od signálů vyvolaných zemětřesením. Když přestanete dlouhodobě chladit jakýkoliv

zdroj tepla, dojde vždy k růstu teplot a případně destrukci materiálu, ze kterého daný zdroj je.

Dnes je právě vývoji v oblasti paliva orientován na zkoumání nových materiálů, které by zajistily vyšší odolnost paliva při vysokých teplotách, snížily množství akumulované energie a případně umožnily prodloužit dobu, po jakou palivo vydrží bez chlazení. Čili aby bylo možné případný havarijní stav obdobný havárii v Japonku lépe zvládnout.

Stávající koncept je tedy nevyhovující?

Musím zdůraznit, že stávající koncept keramického paliva s pokrytím ze zirkoniové slitiny se historicky ukázal jako doposud nejlepší od doby, kdy ve vojenských ponorkách nahradil palivo s pokrytím z nerezavějící oceli, a odtud se rozšířil do energetických lehkých i těžkých vodních reaktorů. To co používáme dnes je pečlivě vyladěný systém, který se zrodil za posledních šedesát let a jeho případná náhrada bude vyžadovat



Palivová kazeta TVEL pro společnost Areva

spoustu systematické práce. Jednou z platform, která se touto problematikou zabývá je mezinárodně koordinovaná iniciativa s názvem „Accident Tolerant Fuel“, která má své analogy v řadě zemí, které se zabývají rozvojem jaderné energetiky. Jde o USA, Francii, Japonsko, Čínu, Rusko a další. I společnost ALVEL se této platformy účastní.

Jaké parametry paliva tedy mohou mít vliv na výkon elektrárny?

Těch je celá řada. Podstatné je, aby všechny dohromady tvořily optimální celek nejen po celou dobu, kdy se palivový soubor nachází v reaktoru, ale i při jeho skladování po vyvezení. Abych jmenoval alespoň některé: je to např. geometrie a struktura keramických palivových tabletek, míra jejich obohacení uranem 235, složení a vlastnosti slitin, ze kterých se vyrábí pokrytí palivových proutků a ostatních konstrukčních prvků palivových souborů, vlastnosti distančních mřížek, hydraulické charakteristiky, mechanické chování paliva uvnitř reaktoru a podobně.

Tento proces je, předpokládám, již precizně propracován, nebo i v tomto směru dochází k vývoji, vylepšení? Uveďte třeba něco v oblasti materiálové?

S vývojem konstrukce palivových souborů jde ruku v ruce i optimalizace složení a zpracování konstrukčních materiálů. Na ověřování modernizovaných slitin se podílí i české organizace. Např. na společném programu, jenž ALVEL realizuje s ústavem VNIINM akademika Bočvara, participuje i ÚJP Praha, ÚJV Řež a Škoda JS. I společnost ČEZ vždy spolupracovala a spolupracuje s výrobcem paliva na jeho dalším zlepšování kvalifikovanou oponenturou a zpětnou vazbou z provozu.

Jaké vlastnosti jsou požadovány u distančních mřížek?

Hlavním požadavkem na distanční mřížky je udržení optimální geometrie palivového souboru, tedy rozteč mezi palivovými proutky z hlediska neutronové fyzikálních, tak hydraulických charakteristik, tedy potřeb chlazení.

Zmínil jste hydraulické charakteristiky paliva. Můžete být konkrétnější?

Těch je celá řada, ale mezi hlavními bych jmenoval hydraulický odpor, pracovní rozsah průtoku chladiva, charakter proudění a jeho stabilita, ve spojení s odvodem tepla z aktivní zóny. Důležitá je i tzv. rezerva do krize varu. To je stav, kdy dochází k přechodu od bublinkového varu k blánovému, což je zásadní změna v režimu chlazení palivového proutku. Ten vede ke skokovému teplotnímu namáhání pokrytí paliva. Tomuto stavu se musíme v provozních, ale i havarijních stavech vyhnout, a k tomu nám také pomáhají distanční mřížky, které jsou vybaveny tzv. turbulizéry (lopatkami). Ty zlepšují promíchávání chladiva, a tím právě zvyšují již zmíněné bezpečnostní rezervy.



Palivový soubor



Příprava paliva na expedici

Jak je to v oblasti obohacování, mění se metody?

Technologie obohacování nám umožňuje obohacovat uran na libovolnou hodnotu, ostatně nejvyšší míra obohacení se používá právě v jaderných zbraních. V minulosti byla využívána tzv. difúzní metoda, tu však dnes prakticky všichni pro její vysokou energetickou náročnost opustili. Dnes je nejrozšířenější obohacování pomocí odstředivky nebo chcete-li centrifugy.

Tato technologie je nejen energeticky méně náročná (při srovnatelné produkci spotřebovává jen asi 10 % energie v porovnání s metodou difúzní), ale zabere i výrazně menší prostor a poskytuje vyšší flexibilitu při změnách konfigurace pro požadovaná obohacení. Zde stojí za zmínku, že nejlepší technologii v této oblasti má ve svých závodech ruská společnost TVEL a britská UCENCO, od kterých je přebírají i ostatní.

Jaké změny ve výrobním procesu musí výrobce paliva realizovat, aby zvýšil parametry paliva.

Inovace a modernizace výrobní technologie je nedílnou součástí procesu výroby každého výrobce jaderného paliva. Cílem každého dodavatele a přáním každého zákazníka je bezporuchový provoz paliva v reaktorech, což s sebou nese důslednou kontrolu dodržování optimálních technologických parametrů při výrobě, maximální možnou kontrolu jednotlivých dílů i celku, automatizace a standardizace. My například investujeme do modernizace výroby paliva ve svých závodech každoročně desítky milionů dolarů. Jednou z posledních známých inovací je např. robotické svařování skeletů palivových souborů nebo automatické paletování palivových tabletek pro snazší vizuální kontrolu a snížení možnosti vzniku odštěpků.

Ruský dodavatel paliva do českých elektráren, společnost TVEL, soustavně palivo modernizuje ve spolupráci s provozovateli elektráren a vědecko-výzkumnými organizacemi. To například v Temelíně umožnilo postupně zvýšit obou reaktorů o 4 %, v Dukovanech se zase podařilo prodloužit pobyt paliva v reaktoru ze tří na pět let. To provozovateli přináší obrovské úspory v provozních nákladech.

Zmínil jste zvýšení výkonu JE Temelín o 4 % na každém bloku. Můžete přiblížit, jak lze palivo využívat efektivněji, aby se zvýšil výkon?

Předně je nutno zdůraznit, že zvýšení výkonu elektrárny je komplexní proces, který se netýká jen paliva. Pokud jde o projekt v Temelíně, jeho název „využití projektových rezerv“ přesně vystihuje podstatu toho, o co zde jde. Když bylo palivo TVSA-T pro JE Temelín navrhováno, testováno a licencováno v letech 2006-2009, byly do projektu založeny dostatečné rezervy, mimo jiné proto, že jedním z požadavků společnosti ČEZ byl požadavek na jeho kompatibilitu s palivem VVANTAGE 6 tehdejšího dodavatele Westinghouse.

Po získání provozních zkušeností v reaktorech JE Temelín a s ohledem na skutečnost, že oba reaktory jsou již plně zavezeny pouze palivem TVSA-T, bylo možné využít tyto rezervy ve prospěch zákazníka, tedy zvýšení výkonu bloku.

V jakém směru bylo nutné palivo TVSA upravit, aby byl kompatibilní s palivem Westinghouse?

Oproti typům běžně používaným v reaktorech VVER mají palivové soubory pro Temelín nižší počet, ale zato robustnějších distančních mřížek. Ty právě musely být navrženy tak, aby spolu s ostatními komponentami, hlavice a patice palivového souboru, zajistili hydraulickou kompatibilitu souborů TVSA-T a VVANTAGE-6. vnější rozměrové charakteristiky jsou dány konstrukcí reaktoru, a ty musel respektovat již Westinghouse. Vnější nominální průměr palivového proutku je téměř identický, liší se o čtyři setiny milimetru.

Může mít palivo „rezervy“, čili může se lišit skutečný provozní stav libovolného parametru paliva a hodnota, která je považována za maximálně přípustnou z hlediska zabránění jeho možného selhání?

Tyto rezervy mohou být rozměrové, pevnostní, teplotní. Už v počátcích, když vznikaly první návrhy jaderných reaktorů a tedy i paliva, museli konstruktéři pracovat s úrovní poznání, která jim byla v dané době dostupná, a tomu odpovídala i míra

konzervatismu založená v prvotních návrzích. S postupujícími zkušenostmi z provozu a to jak pozitivními, tak i negativními a s prohlubující se mírou poznání dochází za přísného dohledu jaderného dozoru k postupnému využívání některých rezerv v projektu ke zvýšení efektivity využití stávající jaderné technologie.

Z tohoto pohledu je jaderné palivo prakticky jediný podsystém, který se plánovaně v souladu s projektem na elektrárně pravidelně vyměňuje, a to umožňuje i jeho vývoj a postupnou modernizaci. Například jaderné reaktory temelínskému typu navrhli konstruktéři již na přelomu 70. a 80. let minulého století s tím, že musí být schopné pracovat 30 až 40 let. Reaktor nelze vyměnit, ale správným provozem, údržbou a sledováním jeho stavu je reálné prodloužit jeho životnost i na 60 let.

Nemají tyto změny vliv na bezpečnost jaderné elektrárny?

V žádném případě. Veškeré změny musejí projít bezpečnostním hodnocením. Veškerou dokumentaci schvaluje Státní úřad pro jadernou bezpečnost. Takovýto krok vyžaduje provedení kompletního rozsahu výpočtů jako při zavedení nového typu paliva.

Podobně se postupuje již řadu let úspěšně v Dukovanech. Společně s postupným zaváděním modernizovaného paliva a investicemi do technologií se Dukovany z původních 1 760 MW pomalu přibližují elektrárně o výkonu 2 000 MW.

Než palivo uvede do provozu, probíhá, předpokládám, modelování, testování v laboratorních podmínkách...

V laboratořích se ověřuje celá řada klíčových parametrů. Standardně se provádějí životnostní hydraulické zkoušky plnorozměrových maket v provozních podmínkách ve smyčce (mimo reaktor). Experimentálně se ověřuje chování distančních mřížek a proudění chladiva palivovým souborem. V reaktorech se ověřují všechny konstrukční materiály.

(čes)