

# Rychlý reaktor BN-800 energeticky využívá použité jaderné palivo

**V ruské Bělojarské jaderné elektrárně pokračuje spouštění rychlého reaktoru BN-800, který využívá přepracované jaderné palivo. V současnosti běží na 50% výkon a po dokončení posledních zkoušek bude zahájen jeho komerční provoz. Jde o významný krok v uzavírání jaderného palivového cyklu v Rusku, protože má v komerčním měřítku předvést technologie, které jsou k tomu potřebné.**

## UZAVŘENÝ PALIVOVÝ CYKLUS

V současnosti existují dva přístupy, jak nakládat s jaderným palivem z reaktoru poté, co si odslouží své. Buď bude uloženo jako odpad do hlubinného úložiště, nebo bude přepracováno a znovu použito v jaderné elektrárně. Během přepracování je z paliva extrahován využitelný uran a plutonium a tyto látky jsou poté použity při výrobě směsného paliva (také známé jako MOX, z anglického Mixed Oxide). Směsné palivo je možné použít také v klasických tlakovodních reaktorech, ale rychlé reaktory jej umožňují přepracovávat opakovaně.

Rychlé reaktory se liší od tlakovodních tím, že ke štěpení paliva používají rychlé neutrony. Při rozštěpení jádra uranu či jiného vhodného prvku (například plutonia) dochází k uvolnění několika neutronů s velkou energií. Tato energie odpovídá rychlosti, takže se těmito neutronům říká rychlé. Aby byly neutrony v tlakovodním reaktoru efektivně využívány, je potřeba jejich rychlost snížit, čímž dojde k podstatnému zvýšení pravděpodobnosti rozštěpení dalšího jádra. K tomuto účelu slouží voda, která neutrony moderuje (zpomalí) na vhodnou rychlost. Tyto neutrony potom nazýváme tepelné (Pozn. i pro reaktory máme analogický název - tepelné reaktory).

V rychlých reaktorech není moderátorem voda. Reaktory jsou chlazeny jinou látkou než vodou, například sodíkem, olovem či roztavenými solemi. Rychlé neutrony nejen, že štěpí palivo, ale mohou také vyvolat přeměnu na jiný prvek. To znamená, že například jádro uranu 238 zachytí neutron a dvěma rozpady se přemění na plutonium 239, které může být dalším neutronem rozštěpeno a dojde k uvolnění energie. Znamená to, že si reaktor vytváří další palivo z materiálu, který by klasický reaktor nevyužil.

V tepelných reaktorech je palivo v klasickém případě představováno uranem 235, ale rychlé reaktory mohou „spalovat“ mnohem širší spektrum látek. Tyto přeměny probíhají i v klasických reaktorech, ale ve srovnání s rychlými reaktory v mnohem menší míře. Rozvoj rychlých reaktorů je tedy úzce spjatý s opakovaným využíváním jaderného paliva. Tento proces nazýváme uzavřený palivový cyklus, protože použité palivo je přepracováno a opět zaváženo do reaktoru v jaderné elektrárně.

## BN-800 A DALŠÍ RYCHLÉ REAKTORY

Nejaktuálnější událostí z vývoje rychlých reaktorů je pokračování spouštění rychlého



*V Bělojarské jaderné elektrárně se spojuje historie s budoucností. Na snímku jedny z prvních ruských energetických reaktorů a v pozadí budovy s reaktorem BN-600*



*Hlavice palivových kazet pro reaktor BN-800, které obsahují palivo MOX*

reaktoru BN-800. Navazuje na reaktor BN-600, který vyrábí elektřinu jako třetí blok Bělojarské jaderné elektrárny, a na BN-350, který byl několik desetiletí provozován v kazašském městě Aktau na břehu Kaspického moře. Představuje předposlední krok vývoje komerční verze reaktoru BN chlazeného sodíkem a na základě zkušeností z jeho provozu bude modifikován již připravený projekt reaktoru BN-1200. Podle analýz by investiční náklady na výstavbu jaderného

bloku s reaktorem BN-1200 měly být srovnatelné s náklady na blok s reaktorem VVER-1200. V příštích desetiletích by se tak tento typ mohl stát prvním sériově stavěným sodíkovým reaktorem.

Reaktor BN-800 je součástí projektu ruského Rosatomu s názvem Proryv (česky „Průlom“). Jeho cílem je převést technologie uzavřeného palivového cyklu z výzkumných ústavů do praxe a demonstrovat jejich realizaci



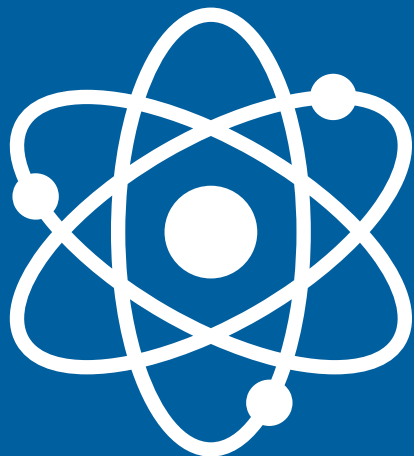
ŠKODA JS a.s.



60 LET  
PRO JADERNOU  
ENERGETIKU



ZÁPADOČESKÁ  
UNIVERZITA  
V PLZNI



mezinárodní konference

# 60 LET PRO JADERNOU ENERGETIKU

12. a 13. května 2016, angelo HOTEL PILSEN, Plzeň  
[www.60letprojadro.cz](http://www.60letprojadro.cz)

60 let jaderného  
průmyslu a  
65 let vysokého  
technického  
školství v Plzni



záštita:

**Martin Zrzavecký**, primátor Plzně

**Jan Mládek**, ministr, Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR

**Daneš Burket**, prezident České nukleární společnosti

**Josef Perlík**, předseda představenstva a generální ředitel ŠKODA JS a. s.

**Miroslav Holeček**, rektor Západočeské univerzity v Plzni

organizační zajištění:

AFPoweragency

v průmyslové praxi. V rámci tohoto projektu mají být v Rusku postaveny i další demonstrační reaktory nových typů, které budou v budoucnu hrát významnou roli v energetice.

Jedním z nových reaktorů je například BREST-300, což bude reaktor chlazený tekutým olovem o elektrickém výkonu 300 MW. Jako palivo má používat nitridy uranu a plutonia, namísto dnes používaných oxidů. To přináší některé výhody a především jde opět o palivo vyrobené přepracováním použitého jaderného paliva. Dalším typem rychlého reaktoru je SVBR-100, který by měl využívat palivo MOX.

Projekt Proryv není jen o reaktorech, ale také o technologiích a výrobních postupech. Aby se mohl uzavřít palivový cyklus stát skutečností, je nutné umět použité jaderné palivo efektivně přepracovávat a oddělovat nepoužitelné látky od energeticky využitelných.

Příkladem může být nový ruský postup separace americia z použitého jaderného paliva, který byl oznámen v prosinci loňského roku. Během provozu reaktoru se v palivu generuje americium, curium a další transurany, které společně s dalšími látkami jsou příčinou toho, že aktivita použitého jaderného paliva klesne na úroveň uranové rudy až po desítkách tisíc let a musíme je po tuto dobu izolovat od životního prostředí. Přitom některé nuklidy jsme schopni již dnes spalovat v rychlých reaktorech a vyvíjíme nové typy reaktorů, které by byly schopny spalovat většinu dlouhodobých nuklidů. Potom by bylo možné do úložišť ukládat jen nevyužitelné zbytky po dobu stovek let a všechny ostatní nuklidy využít k výrobě elektřiny.

V některých ze současných rychlých reaktorů je možné „spalovat“ americium, avšak další transurany dnešní technologie zatím neumí využít. Proto je potřeba umět ekonomicky separovat americium od ostatních transuranů, potom ho totiž bude možné v průmyslovém měřítku přidávat do paliva vyrobeného přepracováním a jeho „spalováním“ vyrábět elektřinu. Vědcům z ruského výzkumného ústavu VNI-INM, Institutu fyzikální chemie a elektrochemie Ruské akademie věd a podniku na přepracování jaderného paliva Majak se podařilo vyvinout nový postup, který je snadno škálovatelný do průmyslového měřítká.

Jiná technologie z ruských výzkumných ústavů je již o podstatný krok napřed – jde o nový postup výroby paliva MOX, které je vyráběno z oxidu uraničitého a plutoničitého získaných přepracováním použitého paliva. Vývoj této technologie řídí ruská palivová společnost TVEL a výsledkem je komerční linka pro výrobu paliva MOX pro reaktor BN-800. Před jejím uvedením do provozu probíhala



Dokončování stavby provozních budov 4. bloku Bělojarské jaderné elektrárny



Montáž jednotlivých zařízení primárního okruhu, které se nacházejí v bazénu obklopujícím reaktorovou nádobu

výroba na zkušební lince a první vyrobené palivové kazety byly použity k ozařovacím a mechanickým testům, které ověřovaly parametry nového typu paliva.

Nové typy jaderných reaktorů jsou cestou, jak uzavřením palivového cyklu dosáhnout větší efektivity výroby elektřiny pomocí štěpení jader, maximálního využití jaderného paliva a snížení

nákladů na konečné ukládání použitého jaderného paliva. Při jejich rozvoji a zavádění do praxe dochází k podstatnému posunu ve vývoji nových technologií a materiálů, které mohou najít uplatnění i jinde než jen při výrobě elektřiny pro domácnosti a průmysl.

(red)

#### **BN-800 fast reactor utilises the energy of nuclear fuel**

*In Russia's Beloyarsk Nuclear Power Plant the start-up continues of the BN-800 fast reactor which uses reprocessed nuclear fuel. Currently it is running at 50% of capacity and once the final tests are completed its commercial operation will commence. This is an important step in closing the nuclear fuel cycle in Russia because it is to demonstrate technology required for this.*