

BN-800 – naděje na bezpečné jádro

Co znamená spuštění ruského rychlého reaktoru BN-800 pro jadernou energetiku

V současnosti probíhá v ruské jaderné elektrárně v Bělojarsku (Sverdlovská oblast) spuštění rychlého reaktoru BN-800 chlazeného sodíkem.

Tento 800MWe reaktor využívá jiného principu než dukovanské a temelínské tlakovodní reaktory, což mu umožňuje spalovat zbrojní plutonium a látky obsažené v použitém jaderném palivu. Použití sodíku jako chladicí látky již z principu vylučuje některé vážné havárie, což přináší úspory za bezpečnostní opatření, která jsou u klasických reaktorů nezbytná. Znamená to také technologické výzvy, které byly jen obtížně překonatelné.

Průběh výstavby

Blok Bělojarsk-4 začal vznikat v roce 1984, kdy byly zahájeny přípravné zemní práce. O dva roky později však došlo k jejich ukončení kvůli nedostatku finančních prostředků. Začátkem 21. století se objevily snahy o dokončení tohoto bloku a v roce 2005 bylo zajištěno jeho financování ve výši 53 miliard rublů (1,5 mld. eur).

K lití prvního betonu do základů došlo v roce 2006, hlavní součást nového bloku, reaktorová nádoba, byla dovezena na staveniště v roce 2009 a v následujícím roce proběhla její montáž a testování. V roce 2010 byly také dodány zbývající důležité komponenty a v roce 2013 dorazila z Francie chladicí látka. Požadovaných 2000 tun sodíku bylo po částech přepraveno ze společnosti MSSA Metaux Speciaux v podobě kvádrů.

Na začátku roku 2014 byl reaktor zavezen jaderným palivem a proběhly poslední testy zařízení čtvrtého bělojarského bloku. 27. června 2014 byla slavnostně spuštěna řetězová štěpná reakce, i když zatím jen na zlomku nominálního výkonu reaktoru. Koncem tohoto roku má být dosaženo plného výkonu a v příštím roce má proběhnout připojení tohoto bloku k síti.

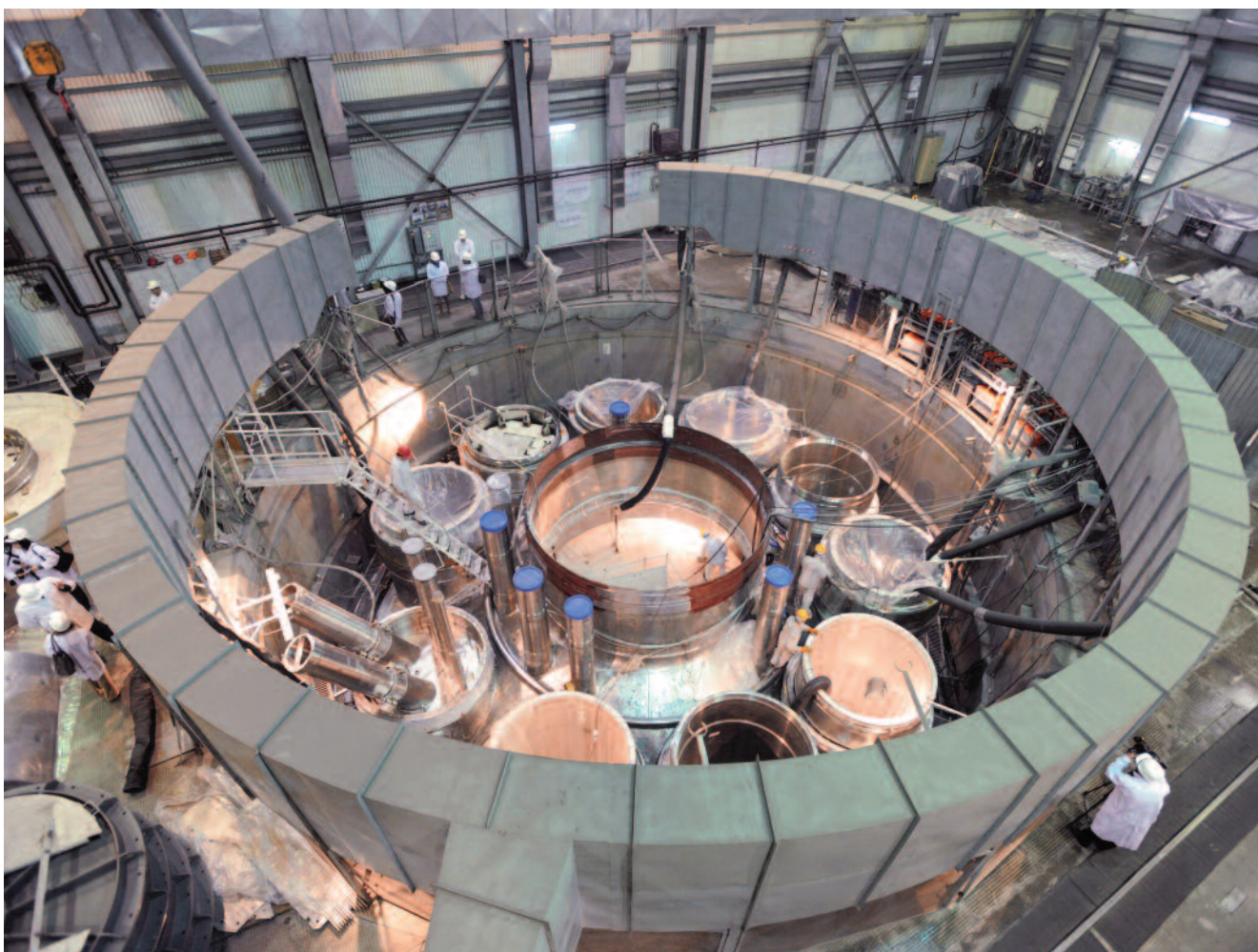
Na výstavbě čtvrtého bloku Bělojarské JE se podílely i české společnosti Arako, Mostro a Sigma Group, které dlouhodobě dodávají zařízení pro reaktory ruské konstrukce. Z České republiky tak na staveniště reaktoru BN-800 mimo jiné putovalo 1354 kusů speciálních armatur vyrobených

společností Arako a šest čerpacích agregátů se značkou Sigma Group.

Čím se liší reaktor BN-800 od tlakovodních reaktorů používaných v ČR?

V jaderných reaktorech typu VVER probíhá štěpení uranu 235 pomocí tzv. tepelných neutronů. Pomocí moderátoru jsou udržovány na rychlosti, při níž mají nejvyšší pravděpodobnost zachytu jádrem uranu 235, po němž dojde k jeho rozštěpení a uvolnění dalších neutronů. Jako moderátor slouží látka s lehkými jádry, v reaktorech VVER je to voda.

Rychlé reaktory, jak už z jejich názvu vyplývá, používají ke štěpení paliva rychlé neutrony, které nejsou zpomalovány srážkami s moderátorem. Díky tomu jsou zachytávány jádry uranu 238, který se poté přeměňuje beta rozpady na plutonium 239, což je látka štěpitelná dalším neutronem a tedy použitelná jako palivo. Tato přeměna sice probíhá i v klasických reaktorech, ale jen v malé míře. V rychlých reaktorech je udržován intenzivní tok neu-



tronů, takže při vhodné konfiguraci může vznikat i více plutonia 239 než je ho ve formě paliva spotřebováváno. Proto jsou tyto reaktory občas označovány jako množivé – produkují více paliva, než samy spotřebují.

Díky zmíněným charakteristikám jsou rychlé reaktory použitelné pro spalování zbrojního plutonia, thoria a látek nahromaděných v použitém jaderném palivu. Směsné palivo MOX se na trhu objevilo před několika desetiletími, ale zatím nedoznalo významnějšího rozšíření. Reaktor BN-800 bude jedním z mála, které budou moci mít v aktivní zóně zavedeno výhradně palivo MOX, protože v reaktorech provozovaných v současné době tvoří maximálně třetinu závážky paliva.

Další výhody rychlých reaktorů chlazených sodíkem

Aby nám bylo jasnější, jaké výhody přináší použití sodíku jako chladiva, uveďme si některé jeho fyzikální vlastnosti: Jde o látku v pevném skupenství, která má teplotu tání 98 °C, teplotu varu 883 °C a velmi velkou tepelnou kapacitu a vodivost. Aby se teplota vody v primárním okruhu mohla pohybovat kolem 300 °C, je nutné ji udržovat pod velkým tlakem (v případě temelínských reaktorů je to 15,7 MPa). Teplota sodíku v primárním okruhu reaktoru BN-800 přesahuje 500 °C, což je s velkou rezervou pod bodem varu této látky.

Přibližně atmosférický provozní tlak přináší hned několik výhod. Předně nehrozí roztrhnutí potrubí primárního okruhu a únik chladicí látky. Další výhodou je konstrukční, protože není potřeba silnostěnná tlaková nádoba, jejíž výroba je technicky velmi náročná a zvládne ji jen několik podniků na světě.

Velká tepelná kapacita a vodivost je výhodná při nouzovém dochlazení aktivní zóny. V případě havárie je řetězová reakce zastavena během několika sekund, ale jaderné palivo produkuje teplo ještě několik let. Kupříkladu v jaderné elektrárně Fukušima Dajiči vedla ztráta chlazení k částečnému roztavení aktivních zón u tří bloků.

Sodík díky svým vlastnostem umožňuje odvod tepla přirozenou cirkulací bez použití čerpadel.

Nevýhody použití sodíku jako chladicí látky

V minulých odstavcích jsme vyjmenovali několik důležitých výhod rychlých reaktorů chlazených sodíkem, tak proč je dnes běžně nestavíme, když od prvních pokusů uběhlo přes 50 let? Jedním z nejdůležitějších důvodů je intenzivní tok neutronů, který velmi namáhá reaktorovou nádobu, její vnitřní zařízení, pokrytí paliva a konstrukci palivových kazet. Vývoj odolnějších materiálů vůči radiačnímu namáhání a vysokým teplotám probíhá pomalu a je velmi nákladný.

Dalším faktorem je velká chemická reaktivita sodíku, například reakce s vodou si svou bouřlivostí vydobyla místo v hodinách chemie na středních školách. Zvládnutí konstrukce reaktoru tak, aby nedocházelo k únikům sodíku do prostor obsahujících vzduch, vodu nebo vodní páru, také nějakou dobu trvalo, ale jak ukázaly francouzský reaktor Phénix, japonský Monju a sovětské BN-350 a BN-600, jsou tyto technologie již dobře zvládnuty.



nutí konstrukce reaktoru tak, aby nedocházelo k únikům sodíku do prostor obsahujících vzduch, vodu nebo vodní páru, také nějakou dobu trvalo, ale jak ukázaly francouzský reaktor Phénix, japonský Monju a sovětské BN-350 a BN-600, jsou tyto technologie již dobře zvládnuty.

Historie řady BN a její budoucnost

Ve fyzikálně-energetickém výzkumném ústavu A. I. Lejpuského v ruském Obninsku proběhly na reaktoru BR-1 v roce 1955 první pokusy s množením plutonia. Postupně přibývaly experimentální reaktory chlazené sodíkem a rostl jejich výkon, energetického využití se ale dočkaly jen v bývalém Sovětském svazu. Prvním z nich byl BN-350 spuštěný v roce 1972 v kazachském přímořském městě Aktau, který byl používán i k odsolování mořské vody. Provoz byl ukončen v roce 1999 a přinesl

mnoho poznatků pro další pokračovatele série reaktorů BN.

Další vývoj již vedl k reaktoru BN-600, který byl v roce 1980 spuštěn jako třetí blok Bělojarské jaderné elektrárny. Tento blok má velmi dobré výsledky v bezpečnosti provozu a nějaký čas byl jediným provozovaným blokem této elektrárny, která se po spuštění reaktoru AMB-100, předchůdce RBMK-1000, stala první jadernou elektrárnou velkého výkonu na území Ruska (její předchůdce – blok AM-1 v Obninsku – měl elektrický výkon 5 MW).

Budoucnost tohoto typu reaktorů spočívá v bloku Bělojarsk-5, kterým se má stát reaktor BN-1200, a plány hovoří i o reaktoru BN-1800. Od těchto dvou reaktorů si již konstruktéři slibují zlepšení ekonomické stránky projektu natolik, že budou konkurenceschopné klasickým jaderným reaktorem. ■

Vladislav Větrovec