

Degradace jaderného paliva

Celý projekt jaderné elektrárny je tvořen na základě mnoha bezpečnostních principů. Jedním z nejdůležitějších je princip ochrany do hloubky zabezpečující oddělení ionizujícího záření od životního prostředí pomocí bezpečnostních bariér. První bezpečnostní bariéra je tvořena pokrytím palivových proutků a má bezpečnostní cíl zabránění šíření produktů štěpení do primárního okruhu jaderné elektrárny. Druhá bariéra tvoří tlakovou hranici primárního okruhu s bezpečnostním cílem zabránění uniků radioaktivního média do vnitřních prostor jaderné elektrárny a třetí bariéra je tvořena kontejnmentem, který projektově slouží k oddělení radioaktivity od životního prostředí.

Jaderný reaktor v elektrárně Temelín pracuje se 163 palivovými soubory, z nichž každý obsahuje 312 palivových proutků. Projekt každé jaderné elektrárny počítá s určitým množstvím vzniku netěsností těchto proutků. Toto množství je na základě bezpečnostních analýz stanoveno v Limitách a podmínkách bezpečného provozu, které jsou v souladu se zákonem úřadem schvalovány. Pro Jadernou elektrárnu Temelín je těsnost palivových proutků kontrolována sledováním měrné aktivity chladiva primárního okruhu pomocí limitní podmínky A3.4.10:

Měrná aktivita primárního okruhu

A. Ekvivalent I-131 $\leq 2,6 \cdot 10^7$ Bq/kg

B. Celková měrná aktivita $\leq 3,7 \cdot 10^9$ Bq/l

Pro kontrolu a vyhledávání netěsností pokrytí ozářeného paliva se používají dva samostatné systémy:

a) On-line Sipping – provádí kvalitativní měření a zjišťuje, který z palivových souborů je poškozen. Systém je založen na plynové metodě měření Xe 133.

b) Off-line Sipping – provádí kvantitativní měření poškozeného palivového souboru a slouží ke stanovení rozsahu poškození. Měření se provádí na palivovém souboru uzavřeném ve speciálním palivovém pouzdře.

Přehled netěsností paliva na JE Temelín

Blok/Pal. kampaň	1. pal. kampaň	2. pal. kampaň	3. pal. kampaň
1. Blok	0	1 + 1 podezřelý, neprokázaný 2 PS vyvezeny	5PS, z toho 1PS opraven, 4PS vyvezeny
2. Blok	0	3PS/7PP, opraveny 1PS vyvezen	-

PS – palivový soubor, PP – palivový proutek

Hlavní výrobní blok 1

V průběhu 2. kampaně 1. bloku existovaly signály (gamaspektrometrie) o plynové netěsnosti některého z palivových souborů. On-line sipping označil jako potenciálně netěsné 2 palivové soubory AB31 a AC03, off-line sipping potvrdil netěsnost pouze na souboru AC03. Oba palivové soubory byly vyvezeny a uloženy v bazénu skladování vyhořelého paliva. JE Temelín je provozována s rozebíratelným palivem (jako první reaktor VVER na světě), což umožňuje při identifikaci netěsného palivového proutku jeho vyjmutí a nahrazení. V květnu 2003 nebylo ale zprovozněno měření ultrazvukem, které je používáno k vyhledání netěsného palivového proutku, proto bylo rozhodnuto tento palivový soubor (AC03) do aktivní zóny nezavázat a nahradit novým souborem. Bylo provedeno přeprojektování zavezení aktivní zóny pro 3. palivovou kampaň 1. bloku.

Hlavní výrobní blok 2

Zvýšení aktivit jódu 131 ze začátku srpna 2004, s následným zvýšením aktivit xenonu, indikovalo netěsnost paliva, Zr a Nb nebyly detekovány. Pro zjištění netěsného palivového

souboru byl opět použit on-line sipping, který však v důsledku poruchy nemohl být od 53. kontrolovaného palivové souboru dále používán.

Již v průběhu kampaně byl stanoven pravděpodobný počet netěsných palivových souborů, tento počet byl po skončení kampaně upřesněn na 1 až 3, což následně bylo kontrolou na stendu inspekcí a oprav jaderného paliva potvrzeno.

Dále bylo, nad rozsah stanovených provozních kontrol, vybráno 48 palivových souborů, u kterých byla provedena kontrola. Ve vybrané skupině 48 souborů byly potvrzeny jako netěsné tři (BC33, BC08, BC10), které byly následně zavezeny i do stendu oprav, kde byly metodou ultrazvuku vyhledány netěsné palivové proutky.

Opravené soubory byly po opravě odzkoušeny na těsnost, dva byly jako těsné zavezeny zpět do aktivní zóny, třetí (BC10) však vykazoval přítomnost netěsného palivového proutku i po opravě a tudíž byl vyřazen z dalšího provozu.

Přehled maximálních sumárních aktivit primárního chladiva

Rok/blok	1. blok	2. blok
2003	5,9 10^6 Bq/l	2,7 10^6 Bq/l
2004	2,4 10^6 Bq/l	7,0 10^6 Bq/l
2005	3,6 10^6 Bq/l	3,3 10^6 Bq/l
2006	6,3 10^6 Bq/l	6,4 10^6 Bq/l

Z porovnáním uvedených hodnot aktivit s hodnotou limitní podmínky ($3,7 \cdot 10^9$ Bq/l) vyplývá rezerva dvou až tří řádů. Státní dozor neměl důvod k restriktivním opatřením pro provozu bloků se symptomy plynových netěsností paliva.

Mechanické deformace

Mechanické deformace palivových proutků a souborů ve smyslu odchylek od ideálního geometrického tvaru a prodlužování délky palivového souboru (radiační růst) jsou přirozeným jevem doprovázejícím produkci energie v aktivních zónách reaktorů.

a) palivové proutky

Bezpečnostní analýzy pro provoz reaktorů jsou provedeny s určitými předpoklady mechanických deformací palivových proutků. Důvodem těchto deformací je nerovnoměrná přítlačná síla distančních mřížek udržujících geometrii palivových souborů. Míra mechanických deformací je omezena uvažovaným průtočným průřezem pro chladivo v místě deformace. Pro projektování prvních aktivních zón JE Temelín bylo uvažováno snížení průtočného průřezu až o 51%.

Po třetí palivové kampani 1. bloku na základě provedených kontrol a měření se tato hodnota přiblížila ke 49%. Z toho důvodu provozovatel a výrobce paliva projektoval aktivní zónu pro 4. kampaň s konzervativním předpokladem možného dotyku palivových proutků.

b) palivové soubory

Obdobně jako u palivových proutků dochází i u palivových souborů ke geometrickým změnám. Tyto jsou způsobeny zejména radiačním růstem skeletu palivového souboru a projevují se ohybem a kroucením. Na JE Temelín byl maximální radiační růst naměřen u 1. bloku ve třetí kampani, a to 10,18 mm a prohnutí 29 mm.

Samotné hodnoty rozměrů deformací nejsou důležité, z hlediska jaderné bezpečnosti je důležitá funkceschopnost mechanické regulace reaktoru – klastrů, která může být deformacemi ovlivněna. Bezpečná funkce klastrů je definována limitní podmínkou A.3.1.4., která stanovuje, že klastry musí být schopny pádu do aktivní zóny a doba od jejich uvolnění z horních koncových poloh do jejich vstupů do hydraulických tlumičů vodících trubek musí být $\leq 3,5s$.

V důsledku výše uvedených geometrických změn paliva 1. i 2. bloku bylo identifikováno neúplné dosednutí některých klastrů po jejich průletu aktivní zónou. Od zjištění nedosedání klastrů byly a jsou pády klastrů opakovaně testovány v intervalech stanovených SÚJB.

Výsledky poslední zkoušky pádu klastrů provedené 2. června na 1. bloku dokumentují další zhoršení stavu aktivní zóny tohoto bloku. Počet nedosednutých klastrů se opět zvýšil a navíc dva z těchto klastrů se zastavily nad úrovní hydraulických tlumičů, či-li nesplnily výše zmíněnou limitní podmínku. Provozovatel se na základě těchto výsledků, v souladu s požadavkem SÚJB, rozhodl 1. blok odstavit do předčasné odstávky na výměnu paliva.

Výsledky sledování a testování paliva byly využity ke zlepšení konstrukce palivového souboru a k potvrzení, že projektové zásady a bezpečnostní kritéria jsou splněna. Pro odstranění neúplného dosedání klastrů byly navrženy a schváleny modifikace konstrukce palivových souborů a byl realizován 1. stupeň modifikace v odstávkách na výměnu paliva na obou blocích (závěsné tyče). Trend počtu nedosednutých klastrů je analyzován především z hlediska možného zhoršujícího se vývoje. Na základě těchto analýz je zvažována možnost zkrácení čtvrté kampaně 1. bloku o cca 2 měsíce a výměny deformovaných souborů za nové palivové soubory, na nichž byl realizován 2. stupeň modifikace (hydraulický tlumič). Od roku 2007 je uvažováno se zavedením paliva s novým konstrukčním materiálem.

Počet klastrů, které nedosedy úplně při provedených testech v roce 2005 a 2006

Hlavní výrobní blok 1

	3. kampaň					4. kampaň						
datum zkoušky	1.1.	27.3.	30.3.	14.6.	30.7.	4.10.	19.11.	30.12.	25.2.06	17.3.	7.5.	2.6.
počet klastrů	11	12	12	21	30	2	13	18	32	33	45	51

Hlavní výrobní blok 2

	2. kampaň			3. kampaň			
datum zkoušky	5.2.	12..3	9.4.	15.7.	3.9.	6.1.06	1.5.06
počet klastrů	14	14	17	0	0	0	0

Provoz jaderného paliva je svázán s uvedenými problémy, které mohou mít potenciální dopad na jadernou bezpečnost. Přijatá řešení, modifikace a kontroly však zajišťují provoz reaktorů v souladu se stanovenými požadavky a dostatečnou zásobou jaderné bezpečnosti. Zásadně nemůžeme souhlasit s tvrzením o zlehčování problémů a nedostatečnou kontrolou.