

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVEDČENIU

237839

(11)

(B1)



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

(22) Prihlášené 23 08 83

(21) [PV 6146-83]

(40) Zverejnené 17 09 84

(45) Vydané 15 03 87

[51] Int. Cl.⁴

G 21 C 3/34

(75)

Autor vynálezu

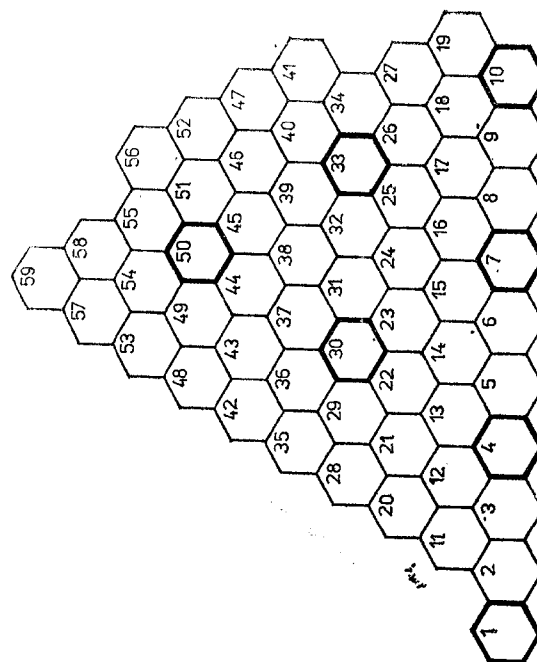
MIŽOV JÁN ing., ŠVEC PAVOL RNDr. ing., RAJCI TIBOR ing.,
BRATISLAVA

(54) Aktívna zóna vodovodného jadrového reaktora typu VVER-440

1

2

Vynález sa týka aktívnej zóny vodovodných jadrových reaktorov typu VVER-440, ktorá zvyšuje využitie jadrového paliva a znižuje integrálnu neutrónovú dávku na nádobu reaktora. Do vybraných pozícií z periférnych pozícií uvedených v popise sa umiestňujú kazety s čiastočne vyhoreným palivom, alebo čerstvé kazety s nižším obohatením paliva, než je maximálne obohatenie zavázaného paliva.



Vynález sa týka aktívnej zóny vodovodného jadrového reaktora typu VVER-440.

Snaha o dosiahnutie maximálne vyrovnaného výkonu palivových kaziet v radiálnom smere aktívnej zóny má za následok umiestňovanie čerstvých palivových kaziet s maximálnym obohatením zaväzaného paliva do periférnych pozícií aktívnej zóny reaktora. Doterajšie rozmiestnenie palivových kaziet v aktívnej zóne vychádzajúce z tejto snahy sa vyznačuje tým, že do periférnych pozícií sa umiestňujú čerstvé palivové kazety s maximálnym obohatením zaväzaného paliva. V týchto pozíciách sú jednu kampaň reaktora a pri ďalšej výmene sa tieto kazety premiestnia do pozícií v centrálnej oblasti aktívnej zóny a na ich pôvodné miesta sa opäť umiestnia čerstvé palivové kazety s maximálnym obohatením.

Nedostatkom takéhoto zostavenia aktívnej zóny reaktora typu VVER-440 je nedokonalé využitie paliva a vysoká neutrónová dávka na nádobu reaktora.

Obecne sú tiež známe teoretické práce týkajúce sa možných rozmiestnení paliva v aktívnych zónach iných typov reaktorov, ktoré sa od typu VVER-440 líšia konštrukciou aktívnej zóny, palivových kaziet a systémom regulácie.

Vyššie uvedené nedostatky doterajšej aktívnej zóny reaktora typu VVER-440 sa v podstatnej miere odstraňujú aktívnou zónou vodovodného jadrového reaktora podľa vynálezu, ktorého podstatou je umiestnenie palivových kaziet s čiastočne vyhoreným palivom, v rozmedzí 5 až 36 MWd/kgU, alebo čerstvých palivových kaziet s nižším obohatením než je maximálne obohatenie zaväzaného paliva aspoň jednej pozície z periférnych pozícií každej šestinovej výseče aktívnej zóny. Postupom podľa vynálezu sa zvýši využitie paliva a zároveň sa zníži integrálna neutrónová dávka na nádobu reaktora.

Pre reaktory, u ktorých sú stanovené palivové náplne sa využitím vynálezu predĺžia efektívne dĺžky kampaní reaktora a pre reaktory, u ktorých sú efektívne dĺžky kampaní reaktora požadované energetickou sústavou zníži sa stredné obohatenie zaväzaného paliva potrebného pro zabezpečenie požadovaných efektívnych dĺžok kampaní reaktora. Predĺženie kampaní reaktora, alebo zníženie stredného obohatenia zaväzaného paliva v konečnom dôsledku znižuje palivové náklady o 1 až 3 %.

Na pripojenom výkrese 1 je nakreslené schéma 60° výseče aktívnej zóny — pozície pre palivové kazety reaktorov typu VVER-440, pre ktoré bol vynález výpočtovo kontrolovaný s použitím výpočtového programu BIPR-5K. Hrubo orámované šesťuholníky 1, 4, 7, 10, 30, 33, 50 predstavujú pozície, v ktorých sú umiestnené regulačné orgány. Ostatné šesťuholníky sú pozície, v ktorých sú umiestnené palivové kazety. Periférne pozície palivových kaziet sú označené čísla-

mi 19, 27, 34, 41, 47, 52, 55, 56, 58, 59. Pozícia 1 je celá zahrnutá v zobrazenej šestinovej výseči.

Príklad 1

V tabuľke 1 uvádzame pre desať za sebou nasledujúcich kampaní reaktora počty dodávaných čerstvých palivových kaziet, koncentráciu bóru pre kompenzáciu zásoby reaktivity na začiatku kampane reaktora, maximálny koeficient nerovnomernosti vývinu tepla po polomere aktívnej zóny a efektívne dĺžky kampaní reaktora pre doterajší spôsob zostavenia aktívnej zóny reaktora typu VVER-440 a pre aktívnu zónu podľa predmetu vynálezu. V oboch variantoch je zostavenie aktívnej zóny pre prvú kampaň rovnaké podľa doterajšieho spôsobu. Vo variante podľa vynálezu sa pri každej výmene paliva do periférnych pozícií 19, 41, 56, 59 zo súboru kaziet tvoriacich palivovú náplň pre danú kampaň umiestňujú palivové kazety s najmenšími množivými vlastnosťami. Tým sa dosiahne, že neutrónový tok, ktorý je v doterajšom spôsobe rozmiestnenia palivových kaziet čo najviac vyrovnaný sa v periférnej oblasti aktívnej zóny sníži. Tým sa zmenší aj integrálna neutrónová dávka na nádobu reaktora. Presunutím ekvivalentného množstva čerstvých palivových kaziet do centrálnej oblasti aktívnej zóny sa zlepši neutrónová väzba medzi jednotlivými kazetami a reaktivita spojená s týmito čerstvými kazetami umožňuje zvýšiť vyhorenie ožiareného paliva. Výsledky sú dokumentované v tabuľke 1, z ktorej je vidieť, že efektívna dĺžka kampane reaktora pre aktívnu zónu podľa vynálezu sa za deväť kampaní reaktora predĺži o 7,9 efektívnych dní v priemere na jednu kampaň reaktora. Pre variant podľa vynálezu sme v tretej reaktorovej kampani ponechali šesť palivových kaziet obohatenia 2,4 %. Týchto šesť kaziet bolo v reaktore aj predchádzajúce dve kampane.

Príklad 2

V tabuľke 2 uvádzame príklad využitia predmetu vynálezu pre zadané dĺžky kampaní v porovnaní s doterajším spôsobom zostavenia aktívnej zóny. K dosiahnutiu zadaných dĺžok kampaní sme pri každej výmene znížili stredné obohatenie zaväzaného paliva zmenou pomeru počtu palivových kaziet s obohatením 3,6 a 2,4 %, t. j. zmenou pomeru z 84/31 resp. 84/36 na 78/37 resp. 78/42. V oboch porovnávaných variantoch je rozmiestnenie palivových kaziet v aktívnej zóne pre prvú kampaň rovnaké a je urobené podľa doterajšieho spôsobu. V ďalších kampaniach sme do periférnych pozícií 19, 41, 56, 59 umiestnili vo variante podľa vynálezu palivové kazety s najmenšími množivými vlastnosťami. V uvedenej tabuľ-

ke uvádzame pre oba varianty počty dodávaných čerstvých palivových kaziet pre desať za sebou nasledujúcich kampaní, koncentráciu bóru pre kompenzáciu zásoby reaktivity na začiatku kampane reaktora, koeficient nerovnomernosti vývinu tepla po polomere aktívnej zóny na začiatku kampane reaktora a efektívne dĺžky kampaní reaktora.

Z výsledkov je vidieť, že pre aktívnu zónu podľa vynálezu sa použije pri každej výmene paliva v celej aktívnej zóne šesť palivových kaziet s obohatením 2,4 % namiesto s obohatením, 3,6 % a zároveň sa predĺži efektívna dĺžka kampaní reaktora, za dobu

deväť kampaní, v priemere o 6,5 efektívnych dní na jednu kampaň, čo predstavuje zníženie palivových nákladov.

V tabuľke 3 uvádzame relatívne hodnoty hustoty toku neutrónov v kazetách 19, 41, 56 a 59 pre doterajšiu aktívnu zónu a pre aktívnu zónu podľa vynálezu na začiatku kampane reaktora, v 160 dňoch prevádzky a na konci kampane reaktora pre desiatu kampaň reaktora. Z výsledkov tabuľky 3 je vidieť, že v uvedených periférnych kazetách klesne relatívne hustota toku neutrónov o 22,3 až 31,9 %, čím sa zníži integrálne neutrónová dávka na nádobu reaktora.

Tabuľka 1

Poradové číslo kampane	Doterajšia aktívna zóna				Aktívna zóna podľa predmetu vynálezu			
	Počty čerstvých palivových kaziet s obohatením 3,6 % / 2,4 % dodávaných do reaktora pri výmene	Kritická koncentrácia bóru na začiatku kampane g/kg	Koeficient nerovnomernosti vývinu tepla po polomere aktívnej zóny	Efektívna dĺžka kampane reaktora, deň	Počty čerstvých palivových kaziet s obohatením 3,6 % / 2,4 % dodávaných do reaktora pri výmene	Kritická koncentrácia bóru na začiatku kampane g/kg	Koeficient nerovnomernosti vývinu tepla po polomere aktívnej zóny	Efektívna dĺžka kampane reaktora, deň
1.		0,9810	1,341	349,5		0,9810	1,341	349,5
2.	102/12	0,8951	1,455	298,8	102/12	1,0534	1,356	330,8
3.	102/19	1,0626	1,372	325,5	102/13	1,0862	1,351	320,6
4.	102/12	1,0354	1,340	317,2	102/18	1,1198	1,350	327,5
5.	102/19	1,0511	1,350	322,2	102/13	1,0960	1,350	322,1
6.	102/12	1,0342	1,340	317,1	102/18	1,1239	1,350	329,0
7.	102/19	1,0511	1,350	322,2	102/13	1,0925	1,350	321,1
8.	102/12	1,0343	1,340	317,1	102/18	1,1248	1,349	329,2
9.	102/19	1,0511	1,350	322,2	102/13	1,0924	1,350	321,2
10.	102/12	1,0343	1,340	317,1	102/18	1,1246	1,349	329,2

Tabulka 2

Doterajšia aktívna zóna				Aktívna zóna podľa predmetu vynálezu				
Poradové číslo kampane	Počty čerstvých palivových kaziet s obohatením 3,6 % / 2,4 % dodávaných do reaktora pri výmene	Kritická koncentrácia bóru na začiatku kampane, g/kg	Koeficient nerovnomernosti vývinu tepla po polomere aktívnej zóny	Efektívna dĺžka kampane reaktora, deň	Počty čerstvých palivových kaziet s obohatením 3,6 % / 2,4 % dodávaných do reaktora pri výmene	Kritická koncentrácia bóru na začiatku kampane, g/kg	Koeficient nerovnomernosti vývinu tepla po polomere aktívnej zóny	Efektívna dĺžka kampane reaktora, deň
1.		0,7414	1,257	296,0		0,7414	1,257	296,0
2.	84/36	0,7690	1,321	276,0	78/42	0,9221	1,287	313,1
3.	84/31	0,8780	1,286	299,1	78/37	0,8909	1,333	295,0
4.	84/36	0,8651	1,271	292,2	78/42	0,9026	1,328	295,4
5.	84/31	0,8471	1,290	286,6	78/37	0,8912	1,318	292,8
6.	84/36	0,8824	1,278	297,8	78/42	0,9136	1,331	299,2
7.	84/31	0,8429	1,289	285,5	78/37	0,8866	1,315	291,5
8.	84/36	0,8823	1,278	297,7	78/42	0,9139	1,330	299,2
9.	84/31	0,8434	1,290	285,7	78/37	0,8870	1,315	291,7
10.	84/36	0,8821	1,278	297,6	78/42	0,9136	1,330	299,1

Tabulka 3

Relatívne hodnoty hustoty toku neutrónov na kazetu

Pozícia palivovej kazety	V doterajšej aktívnej zóne			V aktívnej zóne podľa predmetu vynálezu		
	$T_{ef} = 0,0$ dní	$T_{ef} = 160,0$ dní	$T_{ef} = 297,6$ dní	$T_{ef} = 0,0$ dní	$T_{ef} = 160,0$ dní	$T_{ef} = 299,1$ dní
19	0,50470	0,49491	0,48237	0,36683	0,37581	0,37468
41	0,54237	0,52872	0,49452	0,37031	0,38846	0,37462
56	0,54237	0,52871	0,49451	0,36913	0,38629	0,37271
59	0,50469	0,49491	0,48235	0,36624	0,37491	0,37402

T_{ef} — efektívna doba prevádzky reaktora

PREDMET VYNÁLEZU

Aktívna zóna vodovodného jadrového reaktora typu VVER-440, vyznačená tým, že aspoň do jednej pozície z periférnych pozícií (19), (27), (34), (41), (47), (52), (55), (56), (58), (59) každej šestinovej výseče

aktívnej zóny sú umiestnené kazety s čiastočne vyhoreným palivom v rozmedzí 5 až 36 MWd/kgU, alebo s nižším obohatením, než je maximálne obohatenie čerstvého zavažaného paliva.

