

(19)



(10)

**LT 4539 B**

(12)

## **PATENTO APRAŠYMAS**

(11) Patento numeris: **4539**

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: **G21C 7/04**

(21) Paraiškos numeris: **98-064**

(22) Paraiškos padavimo data: **1998 05 08**

(41) Paraiškos paskelbimo data: **1999 04 26**

(45) Patento paskelbimo data: **1999 08 25**

(72) Išradėjas:

**Evgenij Burlakov, RU**  
**Jurgis Vilemas, LT**  
**Boris Voroncov, LT**  
**Aleksandr Krajuškin, RU**  
**Anatolij Kupalov-Jaropolk, RU**  
**Gennadij Negrivoda, RU**  
**Valerij Nikolaev, RU**  
**Aleksandr Robotko, LT**  
**Evgenij Ušpuras, LT**  
**Aleksandr Fedosov, RU**  
**Viktor Ševaldin, LT**

(73) Patento savininkas:

**Evgenij Burlakov, ul. Maršala Biriuzova 43-84, 123060 Maskva, RU**  
**Jurgis Vilemas, Verkių g. 61, 3035 Kaunas, LT**  
**Boris Voroncov, Partizanų g. 11-20, 4761 Visaginas, LT**  
**Aleksandr Krajuškin, ul. Nagatinskaja 14/2-166, 115533 Maskva, RU**  
**Anatolij Kupalov-Jaropolk, ul. Vernadskogo 70A-28, 117454 Maskva, RU**  
**Gennadij Negrivoda, Sedulino al. 9-17, 4761 Visaginas, LT**  
**Valerij Nikolaev, Volokolamskoje šosse, 54/1-64, 123367 Maskva, RU**  
**Aleksandr Robotko, Visagino g. 27-14, 4761 Visaginas, LT**  
**Evgenij Ušpuras, Jotvingių g. 11-46, 3040 Kaunas, LT**  
**Aleksandr Fedosov, ul. Maršala Biriuzova 1/1-179, 123098 Maskva, RU**  
**Viktor Ševaldin, Sedulino al. 23-21, 4761 Visaginas, LT**

(54) Pavadinimas:

**Kanalinio urano-grafito branduolinio reaktoriaus eksploatacijos būdas**

(57) Referatas:

Išradimas priklauso branduolinės energetikos sričiai, būtent, aprašytas kanalinio urano-grafito branduolinio reaktoriaus eksploatacijos būdas.

Kanalinio urano-grafito branduolinio reaktoriaus eksploatacijos būdas, pagal kurį iš aktyviosios reaktoriaus zonos iškraunami papildomi sugėrėjai ir 'išdegusios' šilumą išskiriančios rinklės su urano kuru ir į jų vietą patalpinamos šilumą išskiriančios rinklės su 'šviežiu' urano-erbio kuru. Išskrovus visus papildomus sugėrėjus aktyviojoje zonoje palaikoma tokia erbio koncentracija, kuriai esant erbio poveikis į aktyviosios zonos reaktyvumą sudaro ne mažiau kaip 80% nuo poveikio reaktyvumui papildomų sugėrėjų iškrautų prieš įkraunant šilumą išskiriančias rinkles su urano-erbio kuru. Šis būdas pasižymi tuo, kad pagal šilumą išskiriančių rinklių su urano ir urano-erbio kuru išdegimo laipsnį jos yra pakeičiamos šilumą išskiriančiomis rinklėmis su atidirbusiu kuru, kurio išdegimo laipsnis neviršija 80% projekcinio ir papildomai išdegina jas iki išdegimo laipsnio ne daugiau kaip 90% nuo projekcinio išdegimo, kur šilumą išskiriančių rinklių su atidirbusiu kuru dalis neturi viršyti 20% visų šilumą išskiriančių rinklių aktyvioje zonoje. Be viso to, šilumą išskiriančios rinklės su atidirbusiu kuru yra patalpinamos aktyvios zonos periferijoje.

Išradimas priskiriamas branduolinės energetikos sričiai ir aprašo kanalinio urano-grafito branduolinio reaktoriaus eksploatacijos būdą.

Žinomas kanalinio urano-grafito branduolinio reaktoriaus eksploatacijos būdas, pasižymintis tuo, kad nusistovėjusiame reaktoriaus darbo režime iš reaktoriaus aktyvios zonos iškraunami "išdegę" šilumą išskiriantys elementai su urano kuru ir jų vietoje patalpinami elementai su "šviežiu" urano kuru (Атомная энергия, 1987, t. 62, Nr. 4, p. 219-226).

Pagal nurodytą būdą papildomi sugėrėjai yra aktyvioje zonoje per visą branduolinio reaktoriaus eksploataciją. Toks sprendimas leido gauti saugų reaktoriaus darbui garo reaktyvumo koeficientą  $1\beta$ .

Tačiau dėl papildomo sugėrėjo nuolatinio laikymo aktyvioje zonoje kuro išdegimo laipsnis sumažėjo 25% ir kuro dedamosios diskontuotos išlaidos padidėjo 30%. Tai žymiai pablogino reaktoriaus RBMK ekonominius rodiklius.

Be to, dėl "pagreitinto" šilumą išskiriančių rinklių iškrovimo iš reaktoriaus, labai padidėjo šilumą išskiriančių rinklių su atidirbusiu kuru (ŠIRAK), po iškrovimo patalpintų į baseinus-saugyklas pačioje atominėje jėgainėje (kur tarp ŠIRAK vyrauja ŠIRAK su kuru, kurio vidutinis išdegimo laipsnis siekia viso tik 70% nuo projekcinio išdegimo laipsnio) kiekiai, dėl ko paaštrėjo šiaip jau aštri radioaktyvių atliekų saugojimo problema.

Šio metodo trūkumas yra ir tas, kad išlieka atsitiktinio ar tyčinio papildomo sugėrėjo iškrovimo iš aktyvios zonos pavojus, dėl ko sumažėja reaktoriaus RBMK eksploatacijos saugumas.

Artimiausias pasiūlytajam yra kanalinio urano-grafito branduolinio reaktoriaus eksploatacijos būdas, kurio esmė yra ta, kad nusistovėjusio reaktoriaus darbo režimo metu iš aktyvios reaktoriaus zonos iškraunami papildomi sugėrėjai ir "išdegę" šilumą išskiriantys elementai, o į jų vietą patalpinamos šilumą išskiriančios rinklės su šviežiu urano-erbio kuru, kai po visų papildomų sugėrėjų iškrovimo aktyvioje zonoje yra palaikoma tokia erbio koncentracija kuriai esant jos poveikis į aktyvios zonos reaktyvumą atitinka ne mažiau 80% poveikio į aktyvios zonos reaktyvumą iškrautų papildomų sugėrėjų (Патент РФ No. 2100852, кл. G 21 C 7/04, опубл. 1977).

Šis būdas leido padidinti urano-grafito branduolinio reaktoriaus ekonomiškumą ir jo saugumo lygį.

Prie pagrindinių šio būdo trūkumų reikia priskirti tai, kad ekonominiai rodikliai pablogėja dėl to, kad šilumą išskiriančios rinklės su erbio-urano branduoliniu kuru yra brangesnės, negu rinklės be erbio. Pagal šį būdą eksploatuojant reaktorių irgi negalima iki galo sudeginti atidirbusių šilumą išskiriančių rinklių, kurios dideliais kiekiais saugomos baseinuose-saugyklose su palyginti nedideliu išdegimo laipsniu, o tai neigiamai atsiliepia atominės jėgainės kuro ciklo ekonominiams rodikliams. Be to, patalpinant šilumą išskiriančias rinkles su erbiu aktyvios zonos periferijoje, padidėja neproduktyvioji neutronų išeiga ir sumažėja rinklių patikimumas.

Uždavinio, kurio sprendimui skiriamas šis išradimas, esmę sudaro kuro ciklo ekonomiškumo pagerinimas, išlaikant šiuolaikinį urano-grafito reaktoriaus saugumo lygį.

Techinį rezultatą, kurio pasiekimą užtikrina šis išradimas, sudaro naujo urano-erbio kuro ekonomija išlaikant reaktoriaus galingumą, gilesnis atidirbusių šilumą išskiriančių rinklių išdegimas, išdegusių rinklių kiekių sumažinimas, kuro, kuris yra baseinuose-saugyklose ikikritiškumo didinimas bei transporto išlaidų mažinimas.

Minėti rezultatai gaunami dėl pasiūlyto urano-grafito branduolinio reaktoriaus eksploatacijos būdo, iškraunant iš aktyvios reaktoriaus zonos papildomus sugėrėjus ir "išdegusias" šilumą išskiriančias rinkles su urano kuru ir vietoje jų patalpinant šilumą išskiriančias rinkles su "šviežiu" urano-erbio kuru, kai aktyvioje zonoje po visų papildomų sugėrėjų iškrovimo yra palaikoma tokia erbio koncentracija, kuriai esant jos poveikis aktyviosios zonos reaktyvumui atitinka ne mažiau 80% poveikio į aktyvios zonos reaktyvumą papildomų sugėrėjų iškraudų nuo šilumą šilumą išskiriančių rinklių su urano-erbio kuru įkrovimo pradžios, išdegus šilumą išskiriančioms rinklėms su urano ir urano-erbio kuru pagal išdegimo eigą keičiant jas šilumą išskiriančioms rinklėms su atidirbusiu kuru, kurio išdegimo gylys neviršija 80% projekcinio išdegimo gylio ir baigiant deginti jas iki išdegimo laipsnio ne daugiau kaip 90% projekcinio, bet šilumą išskiriančių rinklių su atidirbusiu kuru dalis neturi viršyti 20% aktyvios zonos šilumą išskiriančių rinklių skaičiaus, o taip pat dėka to, kad šilumą išskiriančios rinklės su atidirbusiu kuru patalpinamos aktyvios zonos periferijoje ir be to, kad aktyvioje zonoje vietoje "išdegusių" šilumą išskiriančių rinklių su atidirbusiu kuru patalpinamos šilumą išskiriančios rinklės su mažesniu išdegimo laipsniu.

Pagal pasiūlytą būdą reaktoriaus eksploatacija atliekama taip.

Reaktoriaus darbo procese iš aktyvios zonos palaipsniui šalinami papildomi sugėrėjai ir "išdegusios" šilumą išskiriančios rinklės su uranu, keičiant jos šilumą išskiriančiomis rinklėmis su urano-erbio kuru. Čia rūpestingai sekama, kad pakrauto erbio poveikis į aktyvios zonos reaktyvumą būtų ne mažesnis kaip 80% iškraudų papildomų sugėrėjų poveikio į aktyvios zonos reaktyvumą.

Tai leidžia išlaikyti reaktyvumo garo koeficiento dydį pradinės jo reikšmės lygyje (mažesnės erbio sugėrimo gebos sąskaita) ir padidinti kuro išdegimo laipsnį, kadangi erbis turi rezonansinį sugėrimo skerspjūvio plotą apie 0,47 eV – šalia termalizacijos srities. RBMK reaktoriuje vidutinė grafito temperatūra 200 °C aukštesnė už vandens temperatūrą, todėl nusausedant neutroninių dujų temperatūra pakyla, tai yra neutronų spektras paslenka erbio rezonanso pusėn, ko pasekoje susidaro papildoma neigiama garo reaktyvumo efekto dedamoji. Šio reiškinio dėka erbis yra aktyvesnis pagal poveikį garo reaktyvumo koeficientui sugėrėjas negu papildomi sugėrėjai, būtent urano-grafito reaktoriuose. Savaime aišku, erbio įvedimas į aktyvią zoną, kaip ir kito bet kurio sugėrėjo iššaukia neutronų nuostolius, kas sumažina kuro išdegimo laipsnį.

Tačiau, kadangi urano-grafito reaktoriuje erbis efektyviau veikia į aktyvios zonos garo reaktyvumo koeficiento kitimą negu papildomi sugėrėjai, dėl to esant tam pačiam garo reaktyvumo koeficientui neutronų nuostoliai aktyvioje zonoje dėl joje esančio erbio yra mažesni, o kuro išdegimo laipsnis yra aukštesnis.

Išdegimo laipsnio padidėjimas mažina šilumą išskiriančių rinklių eikvojimą ir tuo pačiu sumažina jų pirkimui, transportavimui, atidirbusio kuro saugojimui bei laidijimui skirtas išlaidas. Visa tai didina kuro ciklo ekonomiškumą.

Išdegimo laipsnio padidėjimo pasekoje taip pat atsiranda galimybė panaudoti šilumą išskiriančias rinkles su ne iki galo išdegusiu kuru vietoje šalinamų ir tuo pačiu minimizuoti erbio šilumą išskiriančių rinklių eikvojimą.

Kaip parodė skaičiavimai, kuro išdegimo laipsnis pakraunamoms atidirbusioms šilumą išskiriančioms rinklėms neturi viršyti 80% projekcinio išdegimo laipsnio, kadangi kuro ekonomijos dėl mažų išdegimo prieauglių praktiškai nebūna, bet padidėja padidėja rinklių

perkrovimo tempas, dėl ko sumažėja reaktoriaus eksploatacijos saugumas. Tuo pačiu išdeginti rinkles aukščiau 90% projekcinio laipsnio yra netikslinga, kadangi dideli nuostoliai urano-erbio išdegimo laipsnyje, o tai iššaukia ryškų "šviežių" rinklių ekonomiško mažėjimą ir jų poreikį.

Atidirbusių šilumą išskiriančių rinklių dalis neturi viršyti 20% rinklių su kuru aktyvinėje zonoje, nes priešingu atveju atsiranda žymus šilumą išskiriančių rinklių su urano-erbio kuru išdegimo nepakankamumas ir garo reaktyvumo koeficientas išauga iki reikšmės, iššaukiančios reaktoriaus saugumo mažėjimą.

Atidirbusių šilumą išskiriančių rinklių panaudojimo efektas, gali būti žymiai padidintas, jeigu jos pakartotinai patalpinamos periferinėse eilėse. Skaičiavimai parodė, kad pakartotinai panaudojamų rinklių išdėstymas reaktoriaus periferinėje dalyje "šviežių" šilumą išskiriančių rinklių su urano-erbio kuru ekonominis efektas padidės nuo 3% iki 8%, kadangi be kuro papildomo išdegimo dar sumažėja neutronų nutekėjimas. Tai paaiškinama mažesniu neutronų srautu periferijoje ypač paskutinėse eilėse, lyginant su aktyvios zonos centrine sritimi. To pasekoje pagerėja pakartotinai įkraunamo kuro panaudojimo sąlygos jo galimumo sumažėjimo sąskaita (sumažėja temperatūra, terminiai įtempimai, padidėja atsarga iki krizės ir t.t.), sumažėja jo perkrovimo tempai, sumažėja šio kuro neigiama įtaka į reaktyvumo efektus.

Didžiausia reaktoriaus kompanijos trukmė (dėl kuro išdegimo laipsnio padidėjimo) yra stebima periferinėms rinklėms, todėl iškyla jų atsparumo ilgame laikotarpyje problema. Atidirbusių šilumą išskiriančių rinklių išdėstymas aktyvios zonos periferijoje eliminuoja šią problemą ir didina reaktoriaus patikimumą.

"Išdegusios" atidirbusios šilumą išskiriančios rinklės savo ruožtu gali būti keičiamos atidirbusiomis šilumą išskiriančiomis rinklėmis su mažesniu išdegimo laipsniu, ko pasekoje supaprastės perkrovimo procesas ir energijos išskyrimo profiliavimas aktyvioje zonoje.

Taigi, pareikšto būdo panaudojimas leidžia taupyti šviežią urano-erbio kurą, papildomai išdeginti atidirbusias šilumą išskiriančias rinkles, sumažinti išdegusių rinklių apimtį, padidinti atidirbusių šilumą išskiriančių rinklių iškritiškumą baseinuose-saugyklose, sumažinti transporto išlaidas.

## IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Kanalinio urano-grafito branduolinio reaktoriaus eksploatacijos būdas kai iš aktyviosios reaktoriaus zonos iškraunami papildomi sugėrėjai ir "išdegusios" šilumą išskiriančios rinklės su urano kuru ir į jų vietą patalpinamos šilumą išskiriančios rinklės su "šviežiu" urano-erbio kuru, kai po visų papildomų sugėrėjų iškrovimo aktyvioje zonoje yra palaikoma tokia erbio koncentracija, kuriai esant erbio poveikis į aktyvios zonos reaktyvumą atitinka ne mažiau 80% iškrautų papildomų sugėrėjų poveikio į aktyviosios zonos reaktyvumą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad šilumą išskiriančias rinkles su urano ir urano-erbio kuru joms išdegus keičia šilumą išskiriančiomis rinklėmis su atidirbusiu kuru, kurio išdegimo gylis neviršija 80% projektinio, ir šias papildomai išdegina iki išdegimo laipsnio ne daugiau 90% nuo projektinio išdeginimo, bet šilumą išskiriančių rinklių su atidirbusiu kuru dalis neturi viršyti 20% visų šilumą išskiriančių rinklių aktyvioje zonoje.
2. Būdas pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad šilumą išskiriančias rinkles su atidirbusiu kuru talpina aktyvios zonos periferijoje.
3. Būdas pagal 1 ir 2 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad aktyvioje zonoje "išdegusios" šilumą išskiriančios rinkles su atidirbusiu kuru keičia į šilumą išskiriančias rinkles su mažesniu išdegimo gyliu.