

(19)



(10) **LT 5049 B**

(12) **PATENTO APRAŠYMAS**

(11) Patent numeris: **5049**

(51) Int. Cl. ⁷: **G21C 7/00**
G21C 7/117

(21) Paraiškos numeris: **2002 089**

(22) Paraiškos padavimo data: **2002 08 01**

(41) Paraiškos paskelbimo data: **2003 05 26**

(45) Patent paskelbimo data: **2003 08 25**

(62) Paraiškos, iš kurios dokumentas išskirtas, numeris: —

(86) Tarptautinės paraiškos numeris: —

(86) Tarptautinės paraiškos padavimo data: —

(85) Nacionalinio PCT lygio procedūros pradžios data: —

(30) Prioritetas: **2001129248, 2001 10 31, RU**

(72) Išradėjas:

Dmitri Valerievich KRYLOV, RU
Yuri Igorevich MIRONOV, RU
Dmitri Ivanovich MOLCHANOV, RU
Ivan Nikolaevich DEMIN, RU
Vladimir Konstantinovich DAVYDOV, RU
Bronislav Alekseevich POLYAKOV, RU
Konstantin Vladimirovich PETROCHUK, RU
Mikhail Ivanovich ROZHDESTVENSKI, RU
Mikhail Nikolaevich MIKHAILOV, RU
Mikhail Yurevich KUDRYAVTSEV, RU
Oleg Petrovich MELNIKOV, RU
Sergei Grigorevich UKHAROV, RU
Vladimir Mikhailovich PANIN, RU
Yuri Mkhallovich CHERKASHOV, RU

(73) Patent savininkas:

GOSUDARSTVENNOE PREDPRIYATIE „MOSKOVSKY ZAVOD
POLIMETALLOV“, Kashirskoe shosse, d. 49, 115409 Moscow, RU

(74) Patentinis patikėtinis:

Rita LAURINAVIČIŪTĖ, UAB „Metida“, Gedimino pr. 45-6, LT-2600 Vilnius, LT

(54) Pavadinimas:

**Kanalinio urano-grafito branduolinio reaktoriaus eksploatacijos būdas ir
kanalinio urano-grafito branduolinio reaktoriaus reguliavimo įtaisas**

(57) Referatas:

Išradimas skirtas branduolinei technikai ir gali būti panaudotas branduolinių reaktorių apsaugos ir valdymo sistemose.

Reguliavimo įtaisas turi įstatomas su pakaba į aušinimo kanalą grandis su neutronus absorbuojančia medžiaga, kurios gali judėti išilgai aušinimo kanalo. Įtaisas turi įvorę su 12 atskirų kanalų, išdėstytų vienodais atstumais nuo išilginės įvorės ašies. Kanaluose įstatytos grandys su neutronus absorbuojančia medžiaga, be to, su pakaba yra sujungta kiekviena grandis su neutronus absorbuojančia medžiaga. Išorinis grandies su neutronus absorbuojančia medžiaga skersmuo parinktas pagal įvorės skersmenį. Reguliavimo įtaisą patalpina į darbinę eigą aktyvioje zonoje per visą jos aukštį tokiu būdu, kad neigiamo reaktyvumo avarinio įvedimo greitis darbinės eigos ribose atitiktų tam tikrą sąlygą. Tokiu būdu užtikrinama galimybė įvesti reguliavimo įtaisą į visą aktyvios zonos gylį, sumažinamas vandens kiekis kanale aktyvios zonos ribose, sumažinama pavaros apkrova, padidinamas reguliavimo įtaiso įvedimo greitis į aktyviąją zoną avarinės apsaugos režimo metu.

Išradimo sritis

Išradimas skirtas branduolinei technikai, būtent – kanalinių urano-grafito RBMK (kanalinis didelio galingumo reaktorius) tipo branduolinių reaktorių eksploatacijos būdams neigiamo reaktyvumo avarinio įvedimo režimuose ir branduolinių RBMK reaktorių valdymo bei apsaugos sistemoms (VAS).

Žinomas technikos lygis

Reaktoriaus darbo valdymas vyksta, keičiant neutronų dauginimosi koeficientą, keičiant jų susidarymo, absorbavimo arba nutekėjimo greitį. Tuo atveju, jei neutronų srautų tankis padidėja virš užsibrėžtos reikšmės, į aktyviają zoną greitai įvedami reguliavimo įtaisai, optimaliausiu atveju – įmetant reguliavimo įtaisus.

Reguliavimo įtaisų konstrukcija priklauso nuo reaktoriaus tipo, aktyvios zonos konstrukcijos ir reaktoriaus technologinių parametrų. Reaktoriaus tipas apibūdina šilumnešio savybes ir nustato jo poveikį reguliavimo įtaisams. Vienok, neįmanoma nagrinėti vieną ar kitą šilumnešį atskirai nuo jo darbinių parametrų: temperatūros, spaudimo ir fazinės būklės. Priklausomai nuo reaktoriaus tipo kanalai, kuriuose patalpinami reguliavimo įtaisai, gali būti sausi arba šlapi, aušinami arba neaušinami. Aktyvios zonos konstrukcija apibrėžia reguliavimo įtaiso formą ir pagrindinius geometrinius parametrus.

Žinomas kanalinio urano-grafito branduolinio reaktoriaus, naudojamo I.V.Kurčatovo vardo Belojarsko AEJ, eksploatacijos būdas, apimantis reaktyvumo atsargos kompensavimo rankinį reguliavimą ir užsiduoto galingumo lygio automatinį palaikymą, o taip pat suteikiantis neigiamo reaktyvumo avarinio įvedimo galimybę (I.J.Emeljanov ir kt., Конструирование ядерных реакторов, М., Энергоиздат, 1982, 199, 200 psl.). Avarinio režimo metu žinomame būde naudojamas reguliavimo įtaisas, susidedantis iš penkių grandžių, tarpusavyje sujungtų šarnyrais. Kiekviena grandis yra įvorių iš boro turinčio lydinio rinkinys. Įvorės iš boro turinčio lydinio yra uždėtos ant karščiui atsparių vamzdžių. Grandys taip pat turi nukreipiančiuosius ritinius,

užtikrinančius strypo judėjimą sauso vertikalaus kanalo su dvigubomis koncentrinėmis plonomis sienelėmis, pagamintomis iš prastai sugeriančios neutronus medžiagos, viduje. Kuomet reguliavimo įtaisas yra sausas, strypų temperatūra, esant nominaliam galingumui, siekia 600-650°C. Nutraukus kanalo aušinimą, strypų temperatūra padidėja 200-250°C.

Artimiausiais pagal techninį lygį ir pasiekiamą rezultatą, lyginant su aprašomuoju būdu, yra kanalinio urano-grafito branduolinio reaktoriaus eksploatacijos būdas, apimantis avarinį neigiamo reaktyvumo įvedimą, pervedant į darbinę padėtį aktyvioje zonoje mažiausiai vieną reguliavimo įtaisą, turintį pakabą ir grandis su neutronus absorbuojančia medžiaga (N.A.Doležal, I.J.Emeljanov, Канальный ядерный энергетический реактор, М., Атомиздат, 1980, 121-125 psl.).

Reguliavimo įtaiso fizinis aktyvumas, pervedant jį į darbinę padėtį aktyvioje zonoje, žymia dalimi priklauso nuo neutronų absorberio, esančio absorbciniame strype, išorinio skersmens. Todėl, siekiant padidinti VAS efektyvumą, esant ribotam VAS kanalų skaičiui, reikia pasirinkti konstrukciją su didžiausiu absorberio skersmeniu. Vadinas, norint užtikrinti, kad reguliavimo įtaisas su nuosekliai įrengtomis grandimis, turinčiomis neutronus absorbuojančios medžiagos, judėtų laisvai, dujinio tarpo plotis turi būti ne mažesnis kaip 2-5 mm. Šiluma, išsiskirianti iš grandžių su neutronus absorbuojančia medžiaga, esant tokiam dujiniam tarpui, įkaitins grandžių apvalkalus iki temperatūros, kurios yra leidžiamos tik brangiai kainuojančioms šilumai atsparioms medžiagoms.

Artimiausiais pagal techninį lygį ir pasiekiamą rezultatą, lyginant su aprašomuoju būdu, yra kanalinio urano-grafito branduolinio reaktoriaus reguliavimo įtaisas, turintis grandis su neutronus absorbuojančia medžiaga, įrengiamas aušinimo kanale pakaboje, kurios gali judėti išilgai aušinamo kanalo (I.J.Emeljanov ir kt., Конструирование ядерных реакторов, М., Энергоиздат, 1982, 200, 201 psl.). Reguliavimo įtaisas juda aušinamu kanalu, besiskverbiantiu pro grafito sluoksnį. Aušinamame kanale cirkuliuoja vanduo, nuvedantis reguliavimo įtaise išsiskiriančią šilumą. Reguliavimo įtaisas susideda iš penkių nuosekliai sujungtų šarnyrais grandžių. Su pirmąja pagal reguliavimo įtaiso judėjimo kryptį grandimi teleskopiškai sujungtas išstumtuvas. Paskutinė pagal reguliavimo įtaiso judėjimo kryptį grandis

sujungta su pakaba, kuri sujungta su lanksčia traukle. Kiekviena grandis yra iš esmės vamzdis, kurio galai užvirinti hermetiškai. Išstumtuvo grandys užpildytos grafitu. Žinomo įtaiso išstumtuvas reikalingas išstumti vandenį aušinamame kanale, kuomet grandys su neutronus absorbuojančia medžiaga yra pakeltos, nes vanduo, kuomet neutronai yra smarkiai absorbuojami, veikia aktyvios zonos neutronines-fizikines charakteristikas. RBMK specifika yra tai, VAS kanalo po aktyvia zona aukštis yra mažesnis už aktyvios zonos aukštį. Dėl šios priežasties išstumtuvo ilgis yra mažesnis už aktyvios zonos aukštį, ir išstumtuvas yra sujungtas su absorberiu teleskopiškai, t.y. aktyvios zonos ribose, kuomet grandys su neutronus absorbuojančia medžiaga yra iškeltos, lieka neišstumti vandens VAS kanale stulpai. Siekiant sumažinti šiuos vandens stulpus, žinomame įtaise padidintas išstumtuvo ilgis, sumažinus ilgį absorberio, kuris dėl šios priežasties neįeina į aktyvią zoną per visą jos gylį.

Be to, žinomo reguliavimo įtaiso įvedimo į aktyvią zoną avarinio režimo metu laikas sudaro apie 12-17 s.

Išradimo esmės atskleidimas

Šio išradimo tikslas yra pateikti kanalinio urano-grafito branduolinio reaktoriaus eksploatacijos būdą ir kanalinio urano-grafito branduolinio reaktoriaus reguliavimo įtaisą, turinčius pagerintus parametrus ir pirmą kartą realizuojančius klasterinę konstrukciją RBMK tipo reaktoriuje.

Šis išradimas leido gauti techninius rezultatus, užtikrinančius reguliavimo įtaiso įvedimą į visą aktyvios zonos gylį, vandens kiekio sumažinimą VAS kanale aktyvios zonos ribose, pavaros apkrovos sumažinimą, reguliavimo įtaiso įvedimo į aktyvią zoną avarinio režimo metu greičio padidėjimą.

Šie techniniai rezultatai pasiekiami tuo, kad kanalinio urano-grafito branduolinio reaktoriaus eksploatacijos metu, apimančios neigiamo reaktyvumo avarinį įvedimą, mažiausiai vieną reguliavimo įtaisą, turintį pakabą ir grandis su absorbuojančia neutronus medžiaga, perveda į darbinę eigą aktyviojoje zonoje, minėtas reguliavimo įtaisas yra lygiagrečiai išdėstytos grandys su neutronus absorbuojančia medžiaga, kiekviena iš jų yra sujungta su pakaba, be to, mažiausiai vieną reguliavimo įtaisą perveda į darbinę eigą aktyviojoje zonoje per visą jos aukštį taip, kad neigiamo reaktyvumo avarinio įvedimo darbinės eigos ribose vidutinis greitis W tenkintų sąlygą:

$$W = K \cdot [\rho / (N)], \text{ kur} \quad (1)$$

ρ - neigiamo reaktyvumo, įvesto reguliavimo įtaisais, pervedant į darbinę eigą aktyvioje zonoje, reikšmės dydis, β_{ef} ;

N – reguliavimo įtaisų, pervedamų į darbinę eigą aktyvioje zonoje, skaičius;

K – eksperimentiškai apskaičiuotasis koeficientas, parinktas nuo 0,133 iki 0,223, 1/s.

Kanalinio urano-grafito branduolinio reaktoriaus reguliavimo įtaisas, turintis įvedamas su pakaba į aušinamą kanalą grandis su neutronus absorbuojančia medžiaga, kurios gali judėti išilgai aušinamo kanalo, dar turi įvorę su 12 atskirų kanalų, išdėstytų vienodais atstumais nuo įvorės išilginės ašies, kuriuose įrengtos grandys su neutronus absorbuojančia medžiaga, be to, su pakaba yra sujungta kiekviena grandis su neutronus absorbuojančia medžiaga, o išorinis grandies su neutronus absorbuojančia medžiaga skersmuo d_{GR} parinktas nuo 0,102d mm iki 0,106d mm, kur d – išorinis įvorės skersmuo.

Šio išradimo skiriamasis bruožas yra tai, kad reguliavimo įtaisas yra lygiagrečiai išdėstytos grandys su neutronus absorbuojančia medžiaga, kiekviena iš jų yra sujungta su pakaba, t.y. vienu metu įveda ne monostrypą, kuriame grandys išdėstytos nuosekliai, o išdėstytas apskritimu ir lygiagrečiai viena kitai grandis, kurių efektyvumas yra ne mažesnis už monostrypo. Be to, reguliavimo įtaisas pervedamas į avarinį režimą per visą aktyvios zonos ilgį, o tai žymiai padidina neutronų absorbavimą per visą aktyvios zonos tūrį. Kadangi bendras kelias, kurį nueina reguliavimo įtaisas, yra lygus aktyvios zonos aukščiui, yra būtina sudaryti tokį reguliavimo įtaiso judėjimo dėsnį, kuriam esant neigiamo reaktyvumo avarinio įvedimo vidutinis greitis W darbinėje eigoje tenkintų sąlygą:

$$W = K \cdot [\rho / (N)], \text{ kur}$$

ρ - neigiamo reaktyvumo, įvesto reguliavimo įtaisais, pervedant į darbinę eigą aktyvioje zonoje, reikšmės dydis, β_{ef} ;

N – reguliavimo įtaisų, pervedamų į darbinę eigą aktyvioje zonoje, skaičius;

K – eksperimentiškai apskaičiuotasis koeficientas, parinktas nuo 0,133 iki 0,233, 1/s.

Ši sąlyga yra nustatyta eksperimentiniu skaičiavimo keliu. Reguliavimo įtaiso judėjimo būtino dėsnio formavimas ir atitinkamo signalo padavimas pavarai atliekami bet kokiais žinomais būdais ir nereikalauja specialių žinių.

Eksperimentiniu būdu nustatyta, kad kuomet K reikšmė yra mažesnė nei 0,133 1/s, neigiamo reaktyvumo avarinio įvedimo vidutinis greitis W darbinės eigos ribose neatitinka reikalaujamo saugumo lygio, stabdant reaktorių. Jei K reikšmė didesnė nei 0,223 1/s, neigiamo reaktyvumo avarinio įvedimo vidutinis greitis W darbinės eigos ribose žymiai perkreipia energijos išskyrimo lauką per aktyvios zonos aukštį.

Įtaiso skiriamasis bruožas yra tai, kad yra įvesta įvorė, turinti 12 atskirų kanalų, išdėstytų vienodu atstumu nuo įvorės išilginės ašies. Kanaluose įrengtos grandys su neutronus absorbuojančia medžiaga, be to, su pakaba yra sujungta kiekviena grandis su neutronus absorbuojančia medžiaga. Išorinis grandies su neutronus absorbuojančia medžiaga skersmuo d_{GR} parinktas nuo 0,102d mm iki 0,106d mm, kur d – išorinis įvorės skersmuo. Jei išorinis grandies su neutronus absorbuojančia medžiaga skersmuo d_{GR} mažesnis nei 0,102d, reguliavimo įtaiso efektyvumas yra nepakankamas, norint įvesti reikalingą neigiamą reaktyvumą darbinės eigos ribose. Kuomet išorinis grandies su neutronus absorbuojančia medžiaga skersmuo d_{GR} didesnis nei 0,106d, yra sunku patalpinti 12 grandžių su neutronus absorbuojančia medžiaga su tarpu tarp jų atskiruose įvorės kanaluose.

Yra tikslinga bent vieną grandį su neutronus absorbuojančia medžiaga padaryti dviejų dalių, sujungtų šarnyru, o grandis su neutronus absorbuojančia medžiaga sujungti su pakaba ašelėmis.

Neutronus absorbuojančia medžiaga gali būti disprozio titanatas, o įvorė gali būti pagaminta iš aliuminio lydinio ir užpildyta oru atmosferos slėgyje. Išvardinti išradimo privalumai bei ypatybės bus toliau išsamiau paaiškinti su nuoroda į pridedamus brėžinius.

Trumpas brėžinių aprašymas

Fig.1 pavaizduotas kanalinio urano-grafito branduolinio reaktoriaus reguliavimo įtaiso bendras vaizdas;

Fig.2 pateiktas pjūvis per fig.1 liniją A-A.

Geriausio išradimo realizavimo varianto aprašymas

Kanalinio urano-grafito branduolinio reaktoriaus reguliavimo įtaisas turi įstatomas su pakaba 1 į aušinimo kanalą 2 grandis 3 su neutronus absorbuojančia medžiaga. Su pakaba 1 sąsėjomis 4 sujungta kiekviena grandis 3 su neutronus absorbuojančia medžiaga. Grandys 3 padarytos taip, kad galėtų judėti lanksčios trauklės 5, sujungtos su pakaba 1, pagalba išilgai aušinimo kanalo. Lanksti trauklė 5 sujungta su brėžinyje neparodyta pavana. Į įtaisą yra įvesta įvorė 6, turinti atskirus kanalus 7, išdėstyti vienodu atstumu nuo įvorės išilginės ašies. Atskiruose kanaluose 7 išdėstytos grandys 3 su neutronus absorbuojančia medžiaga. Išorinis grandies su neutronus absorbuojančia medžiaga skersmuo d_{GR} parinktas nuo 0,102d mm iki 0,106d mm, kur d – išorinis įvorės skersmuo. Geriausia, kuomet grandys 3 su neutronus absorbuojančia medžiaga yra sudarytos iš dviejų dalių, sujungtų šarnyru. Tai sumažintų trintį, judant atskirų kanalų 7 viduje. Grandys 3 turi apvalkalą, kurio viduje patalpinta neutronus absorbuojanti medžiaga, kuri yra disprozio titanatas. Įvorė 6 gali būti išlieta iš aliuminio lydinio, suformuojant atskirus kanalus 7. Įvorė 6 gali būti užpildyta oru arba kitomis dujomis atmosferos slėgyje. Įvorės 6 viršutinė dalis uždaryta kamščiu 8. Grandys 3 su neutronus absorbuojančia medžiaga aušinamos vandeniu, paduodamu į tarpą tarp įvorės 6 aušinimo kanalu 2 per vamzdį 9.

Įtaisas veikia šitaip: įvorė 6, uždaryta kamščiu 8, įstato į aušinimo kanalą 2 vietoje esamo reguliavimo įtaiso. Grandys 3 su neutronus absorbuojančia medžiaga, sujungtos sąsėjomis 4 su pakaba 1, vienu metu juda juostinės trauklės 5 pagalba. Reguliavimo įtaiso judėjimo komandas formuoja skaičiavimo centras, atsižvelgiant į neutronų srauto tankį, energijos išskyrimo pliūpsnius ir kt. Avarinį neigiamo reaktyvumo įvedimą atlieka mažiausiai vieno reguliavimo įtaiso pervedimu į darbinę eigą aktyvioje zonoje per visą jos aukštį taip, kad neigiamo reaktyvumo avarinio įvedimo vidutinis greitis W darbinės eigos ribose atitiktų sąlygą (1).

Pramoninis pritaikomumas

Šis išradimas gali būti sėkmingai pritaikytas kanaliniame urano-grafito branduoliniame reaktoriuje neigiamo reaktyvumo avarinio įvedimo režimuose. Įtaisas gali būti pagamintas žinomais įrenginiais, naudojant standartines technologijas, nekuriant iš principo naujų įrenginių. Išradimas leidžia žymiai

sumažinti reguliavimo įtaisų įvedimo į reaktoriaus aktyvią zoną laiką, o tai padidina reaktoriaus eksploatavimo saugumą.

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Kanalinio urano-grafito branduolinio reaktoriaus eksploatacijos būdas, apimantis avarinį neigiamo reaktyvumo įvedimą, pervedant į darbinę eigą aktyvioje zonoje mažiausiai vieną reguliavimo įtaisą, turintį pakabą ir grandis su neutronus absorbuojančia medžiaga, besiskiriantis tuo, kad reguliavimo įtaisų naudoja lygiagrečiai išdėstytas grandis su neutronus absorbuojančia medžiaga, kiekviena iš kurių yra sujungta su pakaba, be to, mažiausiai vieną reguliavimo įtaisą pveda į darbinę eigą aktyvioje zonoje per visą jos aukštį taip, kad neigiamo reaktyvumo avarinio įvedimo greitis W darbinės eigos ribose atitiktų sąlygą:

$$W = K \cdot [\rho / (N)], \text{ kur} \quad (1)$$

ρ - neigiamo reaktyvumo, įvesto reguliavimo įtaisais, pervedant į darbinę eigą aktyvioje zonoje, reikšmės dydis, β_{ef} ;

N – reguliavimo įtaisų, pvedamų į darbinę eigą aktyvioje zonoje, skaičius;

K – eksperimentiškai apskaičiuotasis koeficientas, parinktas nuo 0,133 iki 0,223, 1/s.

2. Kanalinio urano-grafito branduolinio reaktoriaus reguliavimo įtaisai, turintis įvedamas su pakaba į aušinamą kanalą grandis su neutronus absorbuojančia medžiaga, kurios gali judėti išilgai aušinamo kanalo, besiskiriantis tuo, kad turi įvorę su 12 atskirų kanalų, išdėstytų vienodais atstumais nuo išilginės įvorės ašies, kuriuose įrengtos grandys su neutronus absorbuojančia medžiaga, be to, su pakaba yra sujungta kiekviena grandis su neutronus absorbuojančia medžiaga, o išorinis grandies su neutronus absorbuojančia medžiaga skersmuo d_{GR} parinktas nuo 0,102d mm iki 0,106d mm, kur d – išorinis įvorės skersmuo.
3. Reguliavimo įtaisas pagal 2 punktą, besiskiriantis tuo, kad mažiausiai viena grandis su neutronus absorbuojančia medžiaga yra padaryta dviejų dalių, sujungtų šarnyru.

4. Reguliavimo įtaisas pagal 2 ar 3 punktą, besiskiriantis tuo, kad grandys su neutronus absorbuojančia medžiaga sujungtos su pakaba ašelėmis.
5. Reguliavimo įtaisas pagal bet kurį 2-4 punktą, besiskiriantis tuo, kad neutronus absorbuojanti medžiaga yra disprozio titanatas.
6. Reguliavimo įtaisas pagal bet kurį 2-5 punktą, besiskiriantis tuo, kad įvorė yra pagaminta iš aliuminio lydinio.
7. Reguliavimo įtaisas pagal bet kurį 2-6 punktą, besiskiriantis tuo, kad įvorė užpildyta oru atmosferos slėgiu.

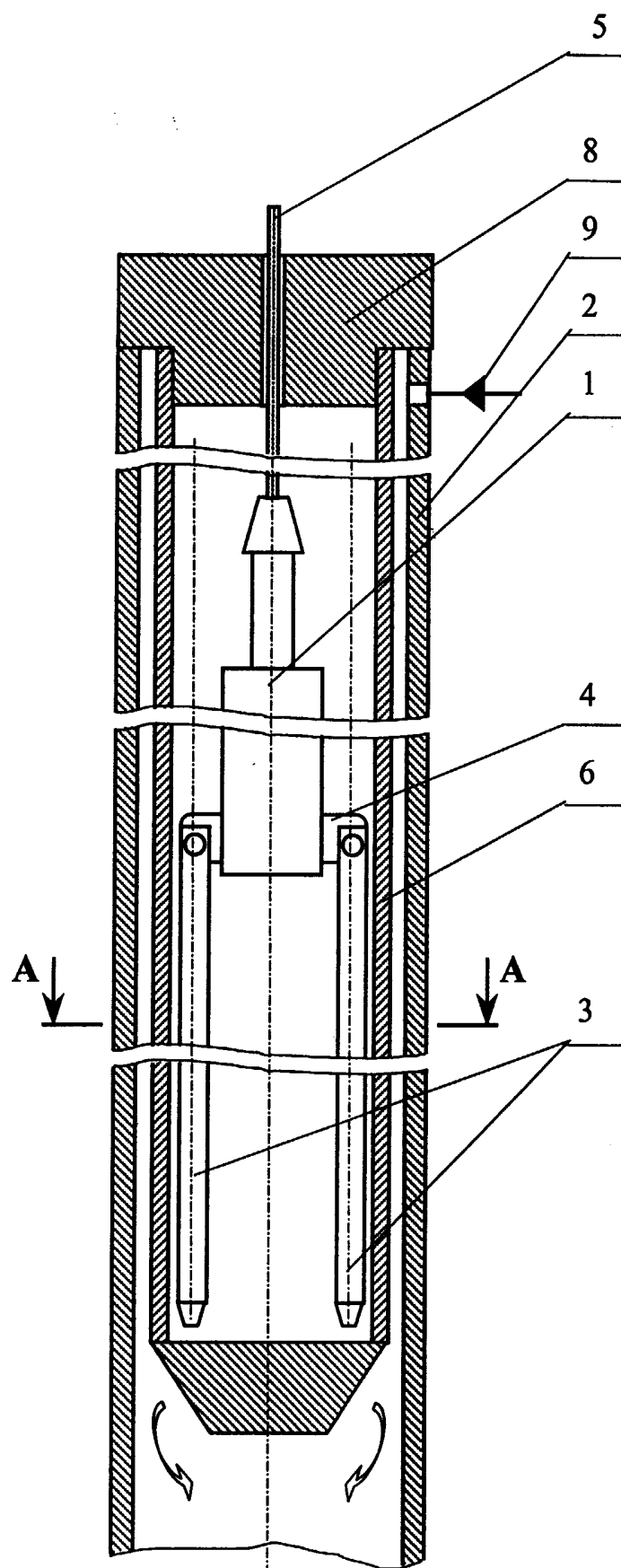


Fig.1

A-A

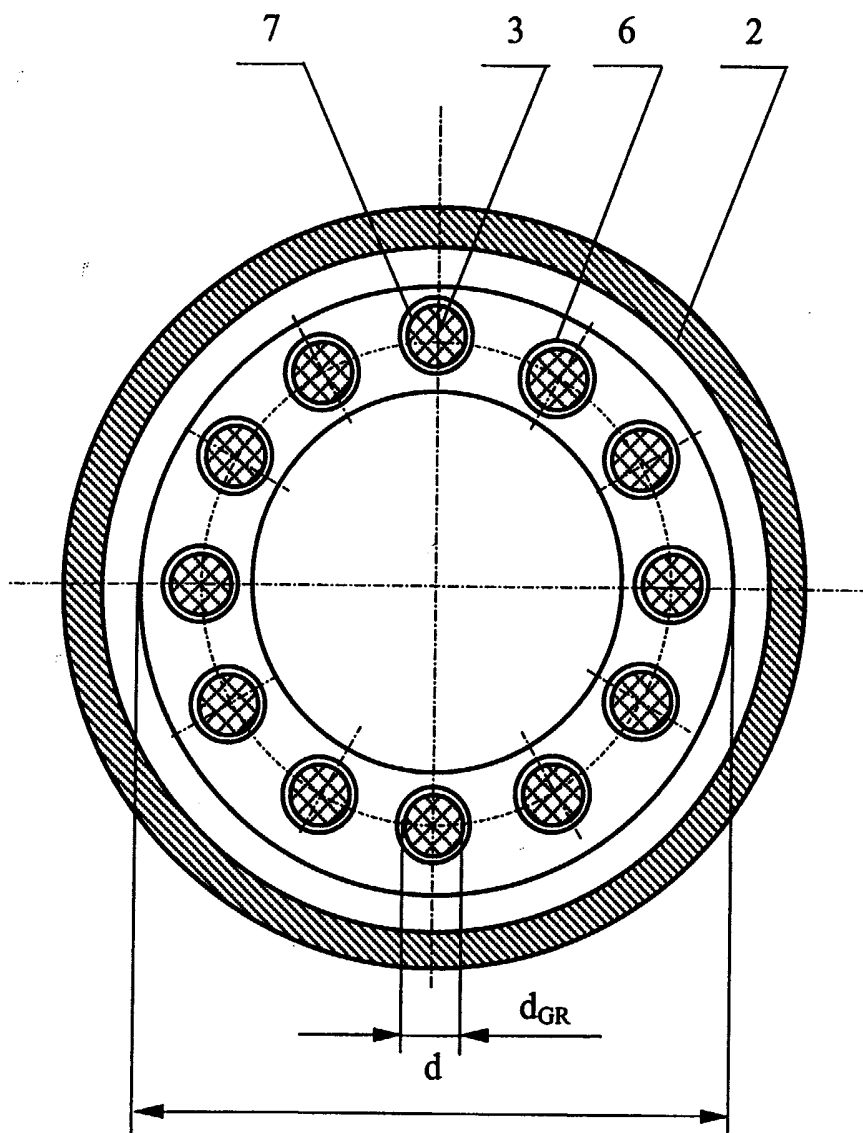


Fig.2