



(12) **CERERE DE BREVET DE INVENȚIE**

(21) Nr. cerere: **a 2013 00272**

(22) Data de depozit: **03.04.2013**

(41) Data publicării cererii:  
**30.10.2014** BOPI nr. **10/2014**

(71) Solicitant:  
• **CRISTESCU ION, STR. SPIRU HARET  
NR.1, ROMAN, NT, RO**

(72) Inventatori:  
• **CRISTESCU ION, STR. SPIRU HARET  
NR.1, ROMAN, NT, RO**

(54) **REACTOR CHIMIC NUCLEAR REPROCESOR IZOTOPIC**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un reactor chimic nuclear reprocursor izotopic, sistem modular heterogen continuu, destinat producției de radioizotopi fisionabili ai uraniului și plutoniului. Reactorul conform invenției este format dintr-un modul reactor radiochimic generator (A), care comunică cu niște module succesive, un reactor extractor complecși azotați izotopici (B), un scrubber de spălare complecși azotați izotopici (C), un reactor reextractor azotați izotopici Pu(III) și un extractor complecși azotați izotopici U(IV) (D), un reextractor azotați izotopici U(VI) (E), un reactor cristalizor oxalați izotopici U(VI) (F) și, în continuare, acest reactor reextractor (D) comunică cu module succesive, un reactor extractor complecși azotați Pu(IV) (G), un reextractor complecși azotați izotopici Pu(IV) (H), un reactor cristalizor oxalați izotopici Pu(IV) (I), aceste reactoare extractoare, cristalizoare și scrubber comunicând cu un distilator (J).

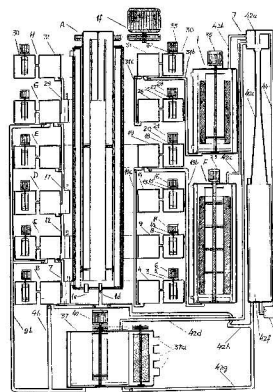


Fig. 1

Revendicări: 16  
Figuri: 21



76

OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI  
 Cerere de brevet de invenție  
 Nr. a 2013 00272  
 Data depozit .... 03.04.2013.

Secret  
*[Signature]*

## REACTOR CHIMIC NUCLEAR REPROCESSOR IZOTOPIC

Inventia se refera la un reactor chimic nuclear reprocessor izotopic, sistem modular heterogen continuu cu recircularea maselor radiochimice de reactie.

Sunt cunoscute reactoare chimice solid-lichid, model vas de dizolvare cos perforat rotativ pentru faza solida si recircularea fazei lichide de reactant la realizarea reactiei chimice. Sunt cunoscute reactoare chimice lichid-lichid heterogene model extractor cu amestecare-linistire si agitatoare mecanice pentru circulatia fazelor nemiscibile in echicurent sau contracurent. Sunt cunoscute reactoare chimice lichid-lichid, model autoclava, corpuri cilindrice verticale cu manta termica sau serpentine interioare pentru transferul termic si avind agitatoare interioare cu palete montate pe axe de rotatie. Deasemenea, sunt cunoscute reactoare lichid-lichid model coloana cu umplutura sau talere precum si modele centrifugale cu discuri rotative pentru contactarea fazelor de reactanti. Sunt cunoscute vaporizatoare cilindrice verticale cu tuburi/tevi fierbatoare cu circulatie fortata a masei lichide in film descendent si efect simplu sau multiplu la presiune sau depresiune (vid). Sunt cunoscute condensatoare de suprafata tubulare, cu injectoare sau cu elemente spirale precum si condensatoare de amestec respectiv contactare vapori-lichid. Principalele dezavantaje ale reactoarelor si aparatelor cunoscute sunt urmatoarele: - transfer termic mai putin eficient in cazul reactoarelor model coloana cu efecte negative asupra stabilitatii si performantei aparatelor;

- productivitatea redusa la modelele de reactoare centrifugale deoarece factorul de amplificare prin transfer de masa este mic;
- productivitatea redusa a vaporizatoarelor cu tuburi/tevi, datorita formarii crustelor care micșoreaza viteza transferului termic;
- etansari greu de realizat la condensatoare spirale si accesibilitate dificila pentru indepartarea depunerilor si crustelor din spatiul de racire;

Scopul inventiei este productia de radioizotopi fisionabili ai uraniului si plutoniului [ $(^{A=235}_{Z=92}\text{U})$ ,  $(^{A=238}_{Z=92}\text{U})$ ,  $(^{A=238}_{Z=94}\text{Pu})$ ,  $(^{A=239}_{Z=94}\text{Pu})$ ,  $(^{A=240}_{Z=94}\text{Pu})$ ,  $(^{A=241}_{Z=94}\text{Pu})$ ,  $(^{A=242}_{Z=94}\text{Pu})$ ] prin reprocessarea chimica izotopica a combustibililor nucleari CANDU iradiati la un grad de 7500 MWzi/tona.....9500 MWzi/tona si

*[Signature]*

2

reproducția unei generații noi de combustibil nuclear CANDU în ciclul  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$  -  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Pu}$ ,  $^{242}\text{Pu}$  sau alte cicluri combustibile.

Problema tehnică este dimensionarea, proiectarea și construcția unui reactor chimic nuclear reprocesor izotopic al combustibilului CANDU iradiat, ca sistem modular heterogen și continuu în care procesele chimice și procesele nucleare (dezintegrări radioactive, fisiuni spontane) evoluează paralel cu viteze diferite, evaluarea criticității izotopilor fisili ( $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Pu}$ ) respectiv masa critică, concentrația critică a acestor izotopi în modulele reactorului și dimensionarea, construcția acestor module la geometrii, volume pentru regimul subcritic. De asemenea, o problemă tehnică este dimensionarea riguroasă a masei de combustibil CANDU iradiat pe baza compoziției radiochimice, masa ce intră în reactor la reprocesare astfel masele de izotopi purificați sub formă de compusi radiochimici să fie subcritice în stare solidă și în soluție cu solvenți apă, compusi organici ce acționează ca moderatori și medii neutronice multiplicative pentru neutronii rapizi ai fisiunilor spontane generate de izotopii pari. De asemenea, o problemă tehnică este proiectarea componentelor, aparatelor de control și blocare a reactivității chimice și nucleare a reactorului pentru realizarea securității, protecției radiologice a personalului și a mediului.

Reactor chimic nuclear reprocesor izotopic este format din modul reactor radiochimic generator azotați izotopici uraniu [U(VI)] și plutoniu [Pu(IV)], produși de fisiune, ce comunică cu module succesive, reactor extractor complexi azotați izotopici U(VI), Pu(IV) cu tributilfosfat (TBP), scrubber de spălare cu apă distilată a complexilor azotați izotopici U(VI) Pu(IV), reactor reextractor azotați izotopici Pu(III) în soluție apoasă azotică și extractor complexi azotați izotopici U(VI) cu TBP, reextractor azotați izotopici U(VI) din fază organică în apă distilată, reactor cristalizor oxalați izotopici U(VI) și în continuare acest reactor reextractor azotați izotopici Pu(III) comunică cu module succesive, reactor extractor complexi azotați izotopici Pu(IV) cu trioctilamina (TOA), reextractor complexi azotați izotopici Pu(IV) cu TOA în soluție apoasă azotică 2M HNO<sub>3</sub>, reactor cristalizor oxalați izotopici Pu(IV) iar aceste reactoare extractoare, cristalizoare și scrubber comunică cu un distilator format din vaporizator apă, acid azotic și colector de săruri radioactive precum și dintr-un condensator de vapori. Se da un exemplu de realizare a reactorului chimic nuclear reprocesor izotopic în legătură cu figurile care reprezintă:

- figura 1, vedere în secțiune longitudinală a reactorului chimic nuclear reprocesor izotopic;
- figura 2, vedere în secțiune longitudinală și transversală a modul reactor radiochimic generator azotați izotopici U(VI), Pu(IV), produși de fisiune (modul A);
- figura 3, vedere în secțiune longitudinală și transversală a rotorului cilindric turbina din modul reactor radiochimic generator azotați izotopici;

*Adamo*

## 3

- figura 4,vedere in sectiune longitudinala si transversala a tubului cilindric colector perforat aferent rotorului cilindric turbina din modul reactor radiochimic;
- figura 5,vedere in sectiune transversala a modul reactor extractor complexi azotati izotopici U(VI),Pu(IV) cu tributilfosfat(TBP)( modul **B**);
- figura 6,vedere in sectiune longitudinala a unei unitati de transfer de masa(amestecator/decantor);
- figura 7,vedere in sectiune transversala a scruberului de spalare cu apa distilata a complexilor azotati izotopici U(VI),Pu(IV)(modul **C**);
- figura 8,vedere in sectiune transversala a modul reactor reextractor azotati izotopici de Pu(III) in solutie apoasa azotica si extractor complexi azotati izotopici de U(VI) cu TBP(modul **D**);
- figura 9,vedere in sectiune transversala a modul reextractor azotati izotopici U(VI) din faza organica in apa distilata(modul **E**);
- figura 10,vedere in sectiune longitudinala a agitatorului turbina cu alimentare axiala dubla si refulare/pompare radiala;
- figura 11,vedere in sectiune longitudinala a rotorului turbina de pompare faza organica in decantoare si amestecatoare(scruber,reactor reextractor ,reextractor, reactor extractor);
- figura 12,vedere in sectiune longitudinala si transversala a modul reactor cristalizor oxalati izotopici de U(VI)(modul **F**);
- figura 13,vedere in sectiune longitudinala si transversala a rotorului cilindric de recirculare ascendenta si descendent elicoidala a solutiei apoase de azotati si oxalati izotopici de uranil[U(VI)] aferent modul reactor cristalizor oxalati U(VI);
- figura 14,vedere in sectiune transversala a modul reactor extractor complexi azotati izotopici de Pu(IV) cu trioctilamina(TOA) (modul **G**);
- figura 15,vedere in sectiune transversala a modul reextractor complexi azotati izotopici Pu(IV) cu TOA din faza organica in solutie apoasa azotica 2 M HNO<sub>3</sub> (modul **H**);
- figura 16,vedere in sectiune longitudinala si transversala a modul reactor cristalizor oxalati izotopici de Pu(IV)(modul **I**);
- figura 17,vedere in sectiune longitudinala si transversala a rotorului cilindric de recirculare ascendenta si descendent elicoidala a solutiei apoase de azotati si oxalati izotopici de Pu(IV) aferent modul reactor cristalizor oxalati Pu(IV);
- figura 18,vedere in sectiune longitudinala a distilatorului (modul **J**);
- figura 19,vedere in sectiune transversala a vaporizatorului apa,acid azotic,concentrarea solutiei azotice si separarea sarurilor radioactive metalice cristalizate(azotati izotopici ai produsilor de fisiune,sulfamati,sulfati);
- figura 20,vedere in sectiune longitudinala a condensatorului de vapori apa,acid azotic si recirculare solutie pentru concentrarea in vaporizator;
- figura 21,vedere in sectiune longitudinala si transversala a rotorului cilindric de recirculare ascendenta - descendenta elicoidal solutie apoasa de acid azotic si

*Antun*

saruri radioactive metalice(azotati,sulfamati,sulfati) precum si a rotorului de recirculatie in plan orizontal a agentului caloportor prin manta vaporizator.

Reactor chimic nuclear reprocesor izotopic,este format din modul reactor radiochimic solid-lichid **A** generator azotati izotopici de uranil[U(VI)],plutoniu [Pu(IV)] si produsi de fisiune,construit din otel inoxidabil,cu manta termica cilindrica de incalzire masa radiochimica de reactie la temperatura de proces,in care este asamblat demontabil pe rulmenti axiali si ghidaje radiale un rotor turbina **1** de recirculatie prin pompare faza lichida solutie apoasa de acid azotic prin faza solida(combustibil nuclear CANDU iradiat si taiat in bucati cilindrice) in mod ascendent si descendent rotational. Acest rotor turbina **1** este format din doua tuburi cilindrice concentrice de otel inox asamblate nedemontabil,consolidate la partea superioara si contin intre tuburi,doua rinduri a opt palete elicoidale **1a,1b** metalice cu rol de pompare ascendenta a fazei lichide solutie apoasa de acid azotic si azotati izotopici U(VI),Pu(IV),produsi de fisiune si recirculare descendenta rotational prin patru fante/orificii dreptunghiulare **1c** existente la partea superioara a rotorului **1** si recirculatie prin tubul cilindric interior iar acest rotor **1** este actionat in rotatie prin angrenaj cilindric de motor **1f** ca mijloc tehnic .In acest tub cilindric interior al rotorului turbina **1**, este asamblat demontabil un tub colector cilindric **2** din otel inox si scop functional de container pentru combustibilul nuclear iradiat taiat in bucati si de retinere a tecilor cilindrice de aliaj zircalloy dupa reactia radiochimica a oxizilor izotopici U(IV),Pu(IV),produsi de fisiune cu acid azotic. Acest colector cilindric **2** este format dintr-o tubulatura cilindrica **2a** de otel inox inchisa de doua capace circulare perforate **2b** demontabile si asamblate pe un ax cilindric central **2c** ce poseda la partea superioara o placa circulara **2d** din otel inox cu rol functional de suport tub colector **2** si fixarea,ghidarea acestuia in tubul cilindric interior al rotorului turbina **1**.Tubul cilindric colector **2** este asamblat demontabil in rotor turbina **1** si inchis in timpul reprocesarii radiochimice cu ajutorul unui capac cilindric filetat. Modul reactor radiochimic **A** tip solid-lichid,poseda la partea inferioara o conducta metalica **1d** cilindrica cu robinet/vana de alimentare solutie apoasa de reactiv acid azotic si de golire/evacuare faza lichida a masei de reactie solutie apoasa de acid azotic,azotati izotopici de U(VI),Pu(IV),produsi de fisiune,precum si o conducta metalica **1e** de alimentare modul reactor **A** cu oxigen molecular gazos/aer atmosferic necesar reactiilor radiochimice.Acest modul reactor radiochimic **A** comunica prin conducta cu robinet/vana **1d** cu modul reactor extractor **B** complexi azotati izotopici U(VI),Pu(IV) cu tributilfosfat(TBP) cu rol functional de complexare si extractie a acestor complexi in faza organica.Acest modul reactor extractor **B** este format din 8 unitati de transfer de masa in contracurent de faze lichid-lichid(faza 1 – solutie apoasa de acid azotic,azotati izotopici U(VI),Pu(IV),produsi de fisiune;faza 2 este faza organica extractanta de complexi azotati izotopici U(VI),Pu(IV) cu TBP in kerosen/dodecan ca solvent) si fiecare

unitate de transfer este formata dintr-un amestecator faze **3** corp cubic din otel inoxidabil, prin recirculatie energica si complexare precum si dintr-un decantor separator gravitacional faze **4** corp cubic din otel inoxidabil, in care complexii azotati izotopici U(VI), Pu(IV) cu TBP sunt separati/extrasi in faza organica iar azotatii izotopici ai produsilor de fisiune neextractibili ramin in solutie apoasa. In fiecare amestecator de faze **3** este asamblat demontabil pe rulmenti axiali si radiali un agitator turbina **5** cu alimentarea axiala dubla si refulare/pompare radiala a fazelor ca amestec heterogen lichid-lichid, actionat in miscarea de rotatie de un motor electric **6** ca mijloc tehnic. Fiecare amestecator de faze **3** poseda conducta circulara **3a** din otel inoxidabil asamblata nedemontabil la partea superioara pentru alimentare/intrare faza organica extractanta de complexi azotati izotopici U(VI), Pu(IV), cu TBP in kerosen/dodecan solvent din decantor separator gravitacional **4**, precum si conducta circulara **3b** din otel inoxidabil asamblata nedemontabil la partea inferioara pentru alimentare/intrare faza solutie apoasa de acid azotic, azotati izotopici din decantor separator gravitacional **4**, in contracurent cu faza organica. La amestecare energica, amestecul heterogen lichid-lichid este pompat radial de agitator turbina **5** in decantor separator gravitacional de faze **4** prin 25 conducte circulare **3c** din otel inoxidabil cu diametru 0,02 metri si asamblate nedemontabil in partea de mijloc a amestecator **3** si decantor separator **4** pe cinci rinduri. Fiecare decantor separator gravitacional de faze **4** poseda conducta circulara cu robinet/vana **4a** din otel inoxidabil asamblata nedemontabil la partea inferioara pentru colectare solutii apoase de acid azotic, azotati izotopici ai produsilor de fisiune neextractibili, intr-un decantor colector **4** ce poseda o conducta circulara cu robinet/vana **4b** din otel inoxidabil asamblata nedemontabil la partea inferioara pentru evacuare solutie apoasa in vaporizatorul modulului distilator **J**. Fiecare decantor separator gravitacional de faze **4** poseda un indicator de nivel amestec heterogen lichid-lichid **4c**, tub vertical gradat construit din sticla termorezistenta pentru masurarea volumului amestecului bifazic. Acest decantor colector **4** al modulului reactor **B** poseda un rotor turbina **7** de pompare faza organica extractanta de complexi azotati izotopici U(VI), Pu(IV) cu TBP in kerosen/dodecan solvent, din decantor **4** in modul scrubber de spalare **C**. Acest agitator turbina **5** din otel inoxidabil, este format dintr-un ax central **5a** pe care sunt asamblate nedemontabil pe doua rinduri (superior/inferior) a 8 palete turbina **5b** inclinate la 30...45 grade fata de orizontala, cu rol functional de pompare ascendenta axiala de jos in sus a solutiei apoase de azotati izotopici U(VI), Pu(IV), produse de fisiune si pompare descendenta axiala de sus in jos a extractantului tributilfosfat (TBP) in kerosen/dodecan solvent. Pe aceste palete turbina **5b** este asamblata nedemontabil o tubulatura cilindrica **5c** din otel inoxidabil cu rol de directionare a masei radiochimice heterogene de reactie, tubulatura **5c** ce poseda la partea de mijloc 209 orificii circulare **5d** cu diametru 0,01 metri executate pe cinci rinduri pentru pompare radiala/ejectare a masei heterogene lichid-lichid ce contine complexii azotati izotopici U(VI), Pu(IV)

6

cu TBP in kerosen/dodecan solvent. Acest rotor turbina de pompare faza organica de extractie **7** din otel inoxidabil,este format din ax rotor **7a** actionat in rotatie de motor electric **7b** si prin angrenaj cilindric de roti dintate **7c,7d** transmite miscarea de rotatie la ax rotor **7e** ce poseda 8 palete turbina **7f** inclinate ascendent la 30...45 grade fata de orizontala si asamblate nedemontabil pe ax rotor **7e** si pompeaza ascendent vertical faza organica de complexi azotati izotopici U(VI),Pu(IV) cu TBP in kerosen/dodecan solvent,prin conducta circulara verticala **7g** in primul decantor al modulului scrubber de spalare **C**. Aceste componente **7a,7b,7c,7d,7e,7f,7g** sunt consolidate in suportii din placa de otel inoxidabil cu rulmenti si asamblate demontabil intr-un bazin paralelipipedic **7h** cu rol de stocare intermediara a fazei organice.Acest modul scrubber de spalare **C** cu apa distilata a fazei organice de complexi azotati izotopici U(VI),Pu(IV) cu TBP in kerosen/dodecan solvent, in scop functional de purificare prin eliminare totala a azotatilor izotopici produsi de fisiune cu solubilitate foarte mare in apa,este format din 6 unitati de transfer de masa in contracurent de faze lichid-lichid(faza 1 este faza organica;faza 2 este apa distilata cu densitate mai mare) si fiecare unitate de transfer de masa este formata din amestecator faze **8** corp cubic din otel inoxidabil pentru recirculare/contactare energica precum si dintr-un decantor separator gravitacional de faze **9** corp cubic din otel inoxidabil in care azotatii izotopici ai produsilor de fisiune sunt separati total de faza organica.In fiecare amestecator de faze **8** este asamblat demontabil pe rulmenti axiali si radiali,un agitator turbina **10** cu alimentare axiala dubla si refulare/pompare radiala a fazelor ca amestec heterogen lichid-lichid,actionat in miscarea de rotatie de motor electric **11** ca mijloc tehnic.Fiecare amestecator de faze **8** poseda conducta circulara **8a** din otel inoxidabil asamblata nedemontabil la partea superioara pentru alimentare/intrare faza organica de complexi azotati izotopici U(VI),Pu(IV),concentratii foarte mici de azotati ai izotopilor produsi de fisiune(radioactivitatea  $\beta$  si  $\gamma$ ) cu TBP in kerosen/dodecan solvent,din decantor separator gravitacional **9**,precum si conducta circulara **8b** din otel inoxidabil asamblata nedemontabil la partea inferioara pentru alimentare/intrare apa distilata si azotati izotopici produsi de fisiune extrasi,din decantor separator gravitacional de faze **9**, in contracurent cu faza organica.La amestecarea energica,amestecul heterogen lichid-lichid este pompat radial de agitator turbina **10** in decantor separator gravitacional de faze **9** prin 25 conducte circulare **8c** din otel inoxidabil cu diametru 0,02 metri si asamblate nedemontabil la partea de mijloc a amestecator **8** si decantor separator faze **9** pe cinci rinduri.Fiecare decantor separator gravitacional de faze **9** poseda conducta circulara cu robinet/vana **9a** din otel inoxidabil,asamblata nedemontabil la partea inferioara pentru colectare solutie apoasa de azotati izotopici ai produsilor de fisiune intr-un decantor colector **9** ce poseda o conducta circulara cu robinet/vana **9b** din otel inoxidabil asamblata nedemontabil la partea inferioara pentru evacuare solutie apoasa de azotati izotopici produsi de fisiune in vaporizatorul modulului distilator **J**.

*Aut*

Acest decantor colector **9** al modul scruber de spalare **C** poseda un rotor turbina **12** de pompare faza organica complexi azotati izotopici purificati U(VI),Pu(IV) cu TBP in kerosen/dodecan solvent,din decantor colector **9** in modul reactor reextractor azotati izotopici de Pu(III) si extractor complexi azotati izotopici U(VI) cu TBP in kerosen/dodecan solvent,respectiv modul **D**. Acest rotor turbina **12** poseda aceleasi componente materiale functionale ca rotor turbina **7** al modulului reactor **B**.Acest modul **D** reactor reextractor azotati izotopici de Pu(III) si extractor complexi azotati izotopici U(VI) cu TBP in kerosen/dodecan solvent,este format din 8 unitati transfer de masa cu reactie chimica de reducere a azotatilor izotopici de Pu(IV) la azotati izotopici de Pu(III) cu reactant reductor (sulfamat de fer II si hidrazina in solutie apoasa de acid azotic),reextractie in solutie apoasa si extractie complexi azotati izotopici de U(VI) cu TBP in kerosen/dodecan solvent,in contracurent de faze lichid-lichid.Fiecare unitate de transfer de masa cu reactie chimica de reducere,este formata din amestecator faze **13** corp cubic din otel inoxidabil pentru recirculare/contactare energica a fazlor si reactie chimica precum si dintr-un decantor separator gravitational de faze **14** corp cubic din otel inoxidabil in care azotatii izotopici de Pu(III) sunt reextrasi in solutia apoasa de acid azotic(faza cu densitate mai mare) si azotatii izotopici de U(VI) sunt extrasi in faza organica cu densitate mai mica(strat superior).In fiecare amestecator de faze **13** este asamblat demontabil pe rulmenti axiali si radiali,un agitator turbina **15** cu alimentare axiala dubla si refulare/pompare radiala a fazelor ca amestec heterogen lichid-lichid,actionat in miscarea de rotatie de motor electric **16** ca mijloc tehnic.Fiecare amestecator de faze **13** poseda conducta circulara **13a** din otel inoxidabil asamblata nedemontabil la partea superioara pentru alimentare/intrare faza organica de complexi azotati izotopici de U(VI) cu TBP in kerosen/dodecan solvent,din decantor separator gravitational **14** precum si conducta circulara **13b** din otel inoxidabil asamblata nedemontabil la partea inferioara pentru alimentare/intrare solutie apoasa de acid azotic,azotati izotopici de Pu(III) reextrasi,sulfamati de Fe(II),Fe(III),hidrazina din decantor separator gravitational **14** in contracurent cu faza organica.La amestecarea energica,amestecul heterogen lichid-lichid este pompat radial de agitator turbina **15** in decantor separator gravitational de faze **14** prin 25 conducte circulare **13c** din otel inoxidabil cu diametru 0,02 metri si asamblate nedemontabil la partea de mijloc a amestecator **13** si decantor **14** pe cinci rinduri.Fiecare decantor separator gravitational **14** poseda conducta circulara cu robinet/vana **14a** din otel inoxidabil asamblata nedemontabil la partea inferioara pentru colectare faze separate in decantor colector **14** care poseda un rotor turbina **17** de pompare ascendenta verticala a fazei solutie apoasa de acid azotic,azotati izotopici Pu(III),sulfamati de fer in decantorul modulului **G** reactor extractor complexi azotati izotopici de Pu(IV) cu trioctilamina(TOA) si pompare ascendenta verticala a fazei organice de



8

complexi azotati izotopici U(VI) cu TBP in kerosen/dodecan solvent in decantorul modulului **E** reextractor azotati izotopici de U(VI) din faza organica in apa distilata, prin deschiderea periodica automata a vanelor conductei rotorului turbina **17** care poseda aceleasi componente materiale functionale ca rotoarele turbina **7,12** ale modulelor **B,C**. Acest modul **E** reextractor azotati izotopici U(VI) din faza organica in apa distilata, este format din 4 unitati de transfer de masa in contracurent de faze lichid-lichid (faza 1 este faza organica; faza 2 apa distilata) si fiecare unitate de transfer de masa este formata din amestecator faze **18** corp cubic din otel inoxidabil pentru recirculare/contactare energica a fazelor si dintr-un decantor separator gravitacional de faze **19** corp cubic din otel inoxidabil in care azotatii izotopici de U(VI) sunt separati total de faza organica care se recircula intr-un decantor **4** al modulului **B**. In fiecare amestecator de faze **18** este asamblat demontabil pe rulmenti axiali si radiali, un agitator turbina **20** cu alimentare axiala dubla si refulare/pompare radiala a fazelor ca amestec heterogen lichid-lichid actionat in miscarea de rotatie de motor electric **21** ca mijloc tehnic. Fiecare amestecator de faze **18** poseda conducta circulara **18a** din otel inoxidabil asamblata nedemontabil la partea superioara pentru alimentare/intrare faza organica de complexi azotati izotopici de U(VI) cu TBP in kerosen/dodecan solvent, din decantor separator gravitacional **19** precum si conducta circulara **18b** din otel inoxidabil asamblata nedemontabil la partea inferioara pentru alimentare/intrare apa distilata si azotati izotopici de U(VI) partial reextrasi in apa din decantor separator **19**, in contracurent cu faza organica. La amestecarea energica, amestecul heterogen lichid-lichid este pompat radial de agitator turbina **20** in decantor separator gravitacional de faze **19** prin 25 conducte circulare **18c** din otel inoxidabil cu diametru 0,02 metri si asamblate nedemontabil la partea de mijloc a amestecator **18** si decantor **19**, pe cinci rinduri. Fiecare decantor separator gravitacional de faze **19** poseda conducta circulara cu robinet/vana **19a** din otel inoxidabil asamblata nedemontabil la partea inferioara pentru colectare solutie apoasa de azotati izotopici U(VI) total reextrasi intr-un decantor colector **19** ce poseda o conducta circulara cu robinet/vana **19b** din otel inoxidabil asamblata nedemontabil la partea inferioara pentru evacuare descendenta gravitacionala a solutiei apoase de azotati izotopici U(VI) in modul **F** reactor cristalizor oxalati izotopici U(VI), prin deschiderea periodica automata a vanei conductei **19b**. Deasemenea, acest decantor colector **19** poseda o conducta circulara cu robinet/vana **19c** din otel inoxidabil asamblata nedemontabil la partea inferioara pentru evacuare descendenta gravitacionala a fazei organice tributilfosfat (TBP) in kerosen/dodecan solvent respectiv recircularea fazei organice prin deschiderea periodica automata a vanei conductei **19c** in decantor **4** al modulului **B** reactor extractor complexi azotati izotopici U(VI), Pu(IV) cu TBP pentru reprocesarea izotopica continua. Acest modul **F** reactor generator oxalati izotopici de U(VI) prin reactia chimica a azotatilor izotopici de U(VI) cu acid oxalic si cristalizarea oxalatilor prin vaporizarea apei si acidului azotic produs de reactie, corp cilindric

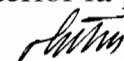
*Andrei*

vertical din otel inoxidabil cu manta termica de incalzire a masei radiochimice de reactie la temperatura de proces, in care este asamblat demontabil pe rulmenti axiali si radiali cu labirinti un rotor cilindric **22** de recirculare ascendenta si descendenta elicoidal a solutiei apoase de acid azotic, azotati si oxalati izotopici de U(VI). Acest rotor cilindric **22** din otel inoxidabil, este format dintr-un ax rotor **22a** pe care sunt asamblate nedemontabil patru rinduri a 8 palete turbina **22b** inclinate ascendent sub unghiuri de 30...45 grade fata de orizontala, in interiorul unei tubulaturi cilindrice verticale **22c** pentru pomparea ascendenta verticala a masei radiochimice de reactie si ejectarea acesteia prin patru orificii dreptunghiulare **22d** distantate sub unghi de 90 grade la partea superioara a tubulaturii **22c** pe circumferinta acesteia. Deasemenea, pe circumferinta exterioara a tubulaturii **22c** sunt asamblate nedemontabil patru palete dreptunghiulare verticale **22e** din otel inoxidabil consolidate sub unghiuri de 90 grade cu rol functional de rotatie descendenta elicoidal a masei de reactie pe suprafata de transfer termic a modulului **F** si recircularea continua la vaporizarea completa a apei si acidului azotic respectiv cristalizarea oxalatilor izotopici de U(VI). Acest rotor **22** este actionat in miscarea de rotatie de un motor **23** mijloc tehnic iar modul reactor **F** posedea in interior la partea inferioara un colector cilindric **24** de oxalati izotopici U(VI) saruri cristalizate. Acest modul **G** reactor extractor complexi azotati izotopici de Pu(IV) cu rol functional reactie de oxidare azotati izotopici Pu(III) la azotati izotopici Pu(IV) cu reactant oxidant azotit de sodiu in mediu de acid azotic, reactie de complexare a azotatilor de Pu(IV) si extractia acestora in faza organica complexanta-extractanta trioctilamina (TOA) in dodecan solvent, este format din 8 unitati transfer de masa in contracurent de faze lichid-lichid (faza 1 – solutie apoasa de acid azotic, sulfamati de Fe(II), Fe(III), azotati izotopici Pu(III) ; faza 2 – faza organica complexanta-extractanta TOA in dodecan solvent) si fiecare unitate de transfer este formata dintr-un amestecator faze **25** corp cubic de otel inoxidabil pentru recirculare energica, reactie de oxidare si complexare precum si dintr-un decantor separator gravitational de faze **26** in care complexi azotati izotopici de Pu(IV) sunt separati/extrasi total in faza organica TOA in dodecan solvent. In fiecare amestecator de faze **25** este asamblat demontabil pe rulmenti axiali si radiali, un agitator turbina **27** cu alimentare axiala dubla si refluxare/pompare radiala a fazelor ca amestec heterogen lichid-lichid si actionat in miscarea de rotatie de un motor electric **28** mijloc tehnic. Fiecare amestecator de faze **25** posedea conducta circulara **25a** din otel inoxidabil asamblata nedemontabil la partea superioara pentru alimentare/intrare faza organica extractanta de complexi azotati izotopici Pu(IV) cu TOA in dodecan solvent din decantor separator gravitational de faze **26** precum si conducta circulara **25b** de otel inoxidabil asamblata nedemontabil la partea inferioara pentru alimentare/intrare faza solutie apoasa de acid azotic, sulfamati Fe(II), Fe(III), azotit de sodiu, acid azotos, azotati izotopici Pu(III), Pu(IV) din decantor separator **26** in contracurent cu faza organica. La amestecarea energica, amestecul heterogen lichid-lichid este

10

pompat radial de agitator turbina **27** in decantor separator gravitacional de faze **26** prin 25 conducte circulare **25c** din otel inoxidabil cu diametru 0,02 metri si asamblate nedemontabil la partea de mijloc a amestecator **25** si decantor **26** pe cinci rinduri. Fiecare decantor separator gravitacional de faze **26** poseda conducta circulara cu robinet/vana **26a** din otel inoxidabil asamblata nedemontabil la partea inferioara pentru colectare solutie apoasa de acid azotic, sulfamati si sulfati de Fe(II), Fe(III) reziduali, intr-un decantor colector **26** si evacuarea acestei solutii reziduale prin conducta circulara **9b** in vaporizatorul modulului distilator **J** la deschiderea periodica automata a vanei decantorului **26**. Acest decantor colector **26** al modulului reactor **G** poseda un rotor turbina **29** de pompare faza organica extractanta de complexi azotati izotopici Pu(IV) cu TOA in dodecan solvent din decantor **26** in decantorul modulului **H** reextractor complexi azotati izotopici Pu(IV) cu TOA din faza organica in solutie apoasa acid azotic 2M. Acest rotor turbina **29** poseda aceleasi componente materiale functionale ca rotoarele **7,12,17** ale modulelor **B,C,E**. Acest modul **H** reextractor este format din 4 unitati de transfer de masa in contracurent de faze lichid-lichid (faza 1 este faza organica; faza 2 este solutia apoasa de acid azotic 2M) si fiecare unitate de transfer este formata din amestecator de faze **30** corp cubic din otel inoxidabil pentru recirculare/contactare energica a fazelor si dintr-un decantor separator gravitacional de faze **31** corp cubic din otel inoxidabil in care azotatii izotopici de Pu(IV) sunt separati total de faza organica care se recircula intr-un decantor **26** al modulului reactor **G**. In fiecare amestecator de faze **30** este asamblat demontabil pe rulmenti axiali si radiali un agitator turbina **32** cu alimentare axiala dubla si refulare/pompare radiala a fazelor ca amestec heterogen lichid-lichid actionat in miscarea de rotatie de motor electric **33** ca mijloc tehnic. Fiecare amestecator de faze **30** poseda conducta circulara **30a** din otel inoxidabil asamblata nedemontabil la partea superioara pentru alimentare/intrare faza organica de complexi azotati izotopici Pu(IV) cu TOA in dodecan solvent din decantor separator gravitacional de faze **31** precum si conducta circulara **30b** din otel inoxidabil asamblata nedemontabil la partea inferioara pentru alimentare/intrare solutie apoasa de acid azotic si azotati izotopici Pu(IV) partiali extrasi din decantor separator **31** in contracurent cu faza organica. La amestecarea energica, amestecul heterogen lichid-lichid este pompat radial de agitator turbina **32** in decantor separator de faze **31** prin 25 conducte circulare **30c** din otel inoxidabil cu diametru 0,02 metri si asamblate nedemontabil la partea de mijloc a amestecator **30** si decantor **31** pe cinci rinduri. Fiecare decantor separator gravitacional de faze **31** poseda conducta circulara cu robinet/vana **31a** din otel inoxidabil asamblata nedemontabil la partea inferioara pentru colectare solutie apoasa de azotati izotopici Pu(IV) si acid azotic total reextrasi intr-un decantor colector **31** ce poseda o conducta circulara cu robinet/vana **31b** din otel inoxidabil asamblata nedemontabil la partea inferioara pentru evacuare descendenta gravitacionala a solutiei apoase de azotati izotopici Pu(IV) si acid azotic in modul **I** reactor cristalizor oxalati izotopici Pu(IV), prin

deschiderea periodica automata a vanei conductei **31b**. Deasemenea, acest decantor colector **31** posedea o conducta circulara cu robinet/vana **31c** din otel inoxidabil asamblata nedemontabil la partea inferioara pentru evacuare descendenta gravitacionala a fazei organice TOA in dodecan solvent, intr-un decantor **26** al modulului **G** prin deschiderea periodica automata a vanei conductei **31c** in scopul complexarii si extractiei continue a azotatilor izotopici Pu(IV). Acest modul **I** reactor generator oxalati izotopici de Pu(IV) prin reactia chimica a azotatilor izotopici de Pu(IV) cu reactant acid oxalic si cristalizarea oxalatilor produsii ai reactiei prin vaporizarea in vid a apei si acidului azotic produs de reactie, corp cilindric vertical din otel inoxidabil cu manta termica de incalzire a masei radiochimice de reactie la temperatura de proces, in care este asamblat demontabil pe rulmenti axiali si radiali cu labirinti un rotor cilindric **34** de recirculare ascendenta si descendenta elicoidal a solutiei apoase de acid azotic, azotati si oxalati izotopici Pu(IV). Acest rotor cilindric **34** din otel inoxidabil, este format dintr-un ax rotor **34a** pe care sunt asamblate nedemontabil 8 palete turbina **34b** inclinate ascendent sub unghiuri de 30...45 grade fata de orizontala in interiorul unei tubulaturi cilindrice verticale **34c** pentru pomparea ascendenta verticala a masei radiochimice de reactie si ejectarea acesteia prin patru orificii dreptunghiulare **34d** distantate sub unghi de 90 grade la partea superioara a tubulaturii **34c** pe circumferinta acesteia. Deasemenea, pe circumferinta exterioara a tubulaturii **34c** sunt asamblate nedemontabil patru palete dreptunghiulare verticale **34e** din otel inoxidabil sub unghiuri de 90 grade cu rol functional de rotatie descendenta elicoidala a masei de reactie pe suprafata de transfer termic a modulului reactor **I** si recircularea continua la vaporizarea completa a apei si acidului azotic respectiv cristalizarea oxalatilor de Pu(IV). Acest rotor **34** este actionat in miscarea de rotatie de un motor electric **35** mijloc tehnic si modul reactor **I** posedea in interior la partea inferioara un colector cilindric **36** de oxalati izotopici Pu(IV) saruri cristalizate cu masa nucleara subcritica. Acest modul distilator **J** este format dintr-un vaporizator **37** pentru vaporizarea in vid (depresiune) a apei, acidului azotic, concentrarea solutiei azotice, separarea sarurilor radioactive metalice cristalizate (azotati izotopici ai produsilor de fisiune, sulfamati, sulfati) si dintr-un condensator **42** de vapori apa, acid azotic, vidare in module reactori **F, I**, vaporizator **37** si recirculare solutie azotica pentru concentrare in vaporizator **37**. In acest vaporizator **37** corp cilindric vertical cu manta termica cilindro-paralelipipedica de incalzire a solutiei apoase azotice la temperatura de vaporizare si construit din otel inoxidabil, sunt asamblate demontabil pe rulmenti axiali si radiali cu labirinti, un rotor cilindric vertical **38** de recirculatie ascendenta-descendenta rotational solutie apoasa de acid azotic cu saruri radioactive, un rotor **39** de recirculatie agent termic caloportor in plan orizontal prin manta vaporizator **37** si aceste rotoare **38, 39** sunt actionate in miscarea de rotatie de un motor electric **40** ca mijloc tehnic, prin intermediul unui angrenaj cilindric de roti cu curele trapezoidale. Deasemenea, acest vaporizator **37** posedea in interior la partea



inferioara un colector cilindric **41** din otel inoxidabil cu rol functional de container pentru sarurile radioactive obtinute la reprocesarea izotopica a combustibilului CANDU iradiat precum si doua rinduri de conducte **37a** de recirculare a agentului termic caloportor intr-un generator termic. Acest rotor cilindric vertical **38** din otel inoxidabil este format din ax rotor **38a** pe care sunt asamblate nedemontabil 8 palete turbina **38b** inclinate ascendent sub unghiuri de 30...45 grade fata de orizontala si pe aceste palete **38b** si ax **38a** este asamblata nedemontabil o tubulatura cilindrica verticala **38c** din otel inoxidabil pentru pomparea ascendenta verticala a solutiei apoase azotice de saruri radioactive efectuata de palete **38b** si ejectarea solutiei prin patru orificii dreptunghiulare **38d** distantate sub unghi de 90 grade la partea superioara a tubulaturii **38c** pe circumferinta acesteia. Acest rotor **39** de recirculatie agent termic caloportor prin manta vaporizator **37** si conducte circulare orizontale **37a** intr-un generator termic, este format din ax rotor **39a** din otel pe care sunt asamblate nedemontabil patru palete dreptunghiulare metalice si verticale **39b** sub unghi de 90 grade pe ax rotor, cu scop de recirculare in plan orizontal prin manta a agentului caloportor. Acest condensator **42** din otel inoxidabil, este format din camera de amestec lichid-vapori cu ajutorul **42a** corp paralelipipedic ce posedea conducta circulara **42b** de aspiratie vapori (apa, acid azotic) generati in modul **I** reactor cristalizor oxalati izotopici Pu(IV), conducta circulara **42c** de aspiratie vapori (apa, acid azotic) generati in modul **F** reactor cristalizor oxalati izotopici U(VI), conducta circulara **42d** de aspiratie vapori (apa, acid azotic) generati in vaporizator **37** si in continuare, acest condensator **42** posedea un ejector cilindro-conic vertical **42e** pentru ejectare solutie apoasa azotica intr-un bazin condensator **42f** corp paralelipipedic din otel inoxidabil cu manta de racire si rol functional de recirculare solutie apoasa azotica cu electropompa **43** prin conducta circulara verticala **44** in camera de amestec cu ajutorul **42a**, ejector **42e**, rol de concentrare solutie apoasa azotica in vaporizator **37** la recirculare prin conducta circulara cu robinet/vana **42g** si de alimentare modul **A** reactor radiochimic cu solutie reactiva prin conductele circulare cu robineti/vane **42h, 1d**. Prin conducta de alimentare se introduce in bazin condensator **42f** solutia apoasa reactanta de concentratie 6M HNO<sub>3</sub> (378 grame HNO<sub>3</sub>/litru) la un consum specific CS=3,8 kg solutie 6M HNO<sub>3</sub>/kg combustibil nuclear CANDU iradiat la un grad mediu de iradiere 7900 MWzi/tona. Prin deschiderea automata a vanelor conductelor **42h, 1d** solutia reactanta 6M HNO<sub>3</sub> intra in modul reactor **A** la recirculatia ascendent-descendent efectuata de rotor **1** actionat in rotatie de motor **1f** prin intermediul angrenajului cilindric de roti cu curele trapezoidale. Puterea mecanica P(W) de actionare in rotatie a rotorului **1** data de motor **1f** se determina conform ecuatiei dimensionale:  $P = \omega^3 \cdot J$  ;  $\omega$  – viteza unghiulara a rotorului **1** (radiani/s) ce se determina conform ecuatiei dimensionale:  $\omega = 2 \cdot \pi \cdot N = 6,28 \cdot N$  N- turatia rotorului **1** (rotatii/s) ; J – moment total de inertie al rotorului **1** (kg.m<sup>2</sup>) ce se determina conform ecuatiei dimensionale:  $J = m \cdot R^2$  ; m – masa totala a rotorului **1** (kg) ; R – raza maxima de rotatie a rotorului **1** (m). Dupa transportul

*Automa*

masei de solutie reactanta, se inchid automat vanele conductelor **42h,1d** si prin recirculatia solutiei efectuata de rotor **1** cu paletele elicoidale **1a,1b** in cele patru orificii dreptunghiulare **1c**, tub cilindric colector **2** are loc incalzirea solutiei la temperatura de proces 90° C ca urmare a transferului termic de la mantaua cilindrica a modului reactor **A** la o viteza periferica  $V=\omega.R$  crescatoare respectiv cresterea treptata a turatiei  $N$  a rotorului **1** cu ajutorul unui variator de viteza al grupului motor **1f**. Masa de combustibil nuclear CANDU iradiat taiata in bucati cilindrice se incarca sub apa in tub colector cilindric **2** prin inchiderea capacelor circulare perforate **2b** in tubulatura **2a** si se introduce in tubul cilindric interior al rotorului **1** fixat de placa circulara **2d** ca suport si acest tub cilindric colector **2** este inchis in rotor **1** cu ajutorul unui capac cilindric prin infiletare. Compozitia izotopica a combustibilului CANDU iradiat la un flux neutronic variabil  $\Phi=(1,6....2,2).10^{21}$  neutroni/cm<sup>2</sup>.s si grade de iradiere 6715.....9150 MWzi/tona U este specificata in tabel, fiind raportata la 1 kg combustibil:

Izotopi:	Concentratie maxima:	Concentratie minima:	Concentratie medie:
<sup>A=235</sup> <sub>Z=92</sub> U	2,564 g/kg	0,762 g/kg	1,66325 g/kg
<sup>A=236</sup> <sub>Z=92</sub> U	0,8032 g/kg	0,6095 g/kg	0,729575 g/kg
<sup>A=238</sup> <sub>Z=92</sub> U	870,2348 g/kg	868,6265 g/kg	869,407575 g/kg
<sup>A=237</sup> <sub>Z=93</sub> Np	0,03544 g/kg	0,02332 g/kg	0,0293875 g/kg
<sup>A=238</sup> <sub>Z=94</sub> Pu	0,00505 g/kg	0,002467 g/kg	0,00371925 g/kg
<sup>A=239</sup> <sub>Z=94</sub> Pu	2,668 g/kg	2,513 g/kg	2,59875 g/kg
<sup>A=240</sup> <sub>Z=94</sub> Pu	1,319 g/kg	0,9168 g/kg	1,12095 g/kg
<sup>A=241</sup> <sub>Z=94</sub> Pu	0,2623 g/kg	0,1674 g/kg	0,215225 g/kg
<sup>A=242</sup> <sub>Z=94</sub> Pu	0,1014 g/kg	0,04379 g/kg	0,0712875 g/kg
Pu(total):	4,356 g/kg	3,544 g/kg	4,000 g/kg
Pu(fisionabil cu neutroni termici):	2,93 g/kg	2,68 g/kg	2,814 g/kg
<sup>A=241</sup> <sub>Z=95</sub> Am	2,152 mg/kg	1,064 mg/kg	1,59675 mg/kg
<sup>A=242</sup> <sub>Z=96</sub> Cm	0,6911 mg/kg	0,2397 mg/kg	0,4507 mg/kg
Produsi de fisiune:			5,62 g/kg

Izotopii produsi de fisiune existenti in combustibilul CANDU iradiat, sunt specificati conform tabel:

Izotop produs de fisiune:	Proprietate nucleara:	Oxid izotopic format in combustibil:	Denumirea:
<sup>A=81</sup> <sub>Z=31</sub> Ga	Izotop stabil. Numar magic 50	81- Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Trioxid izotopic de galiu – 81
<sup>A=82</sup> <sub>Z=31</sub> Ga	Izotop stabil	82 – Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Trioxid izotopic de galiu – 82

*Aut*

${}^{82}_{32}\text{Ge}$	Izotop stabil. Numar magic 50	82 - $\text{GeO}_2$	Dioxid izotopic de germaniu - 82
${}^{84}_{34}\text{Se}$	Izotop stabil. Numar magic 50	84 - $\text{SeO}_2$	Dioxid izotopic de seleniu - 84
${}^{90}_{38}\text{Sr}$	Izotop radioactiv	90 - $\text{SrO}$	Oxid izotopic de strontiu - 90
${}^{91}_{38}\text{Sr}$	Izotop radioactiv	91 - $\text{SrO}$	Oxid izotopic de strontiu - 91
${}^{94}_{38}\text{Sr}$	Izotop radioactiv	94 - $\text{SrO}$	Oxid izotopic de strontiu - 94
${}^{90}_{40}\text{Zr}$	Izotop stabil. Numar magic 50	90 - $\text{ZrO}_2$	Dioxid izotopic de zirconiu - 90
${}^{95}_{42}\text{Mo}$	Izotop stabil	95 - $\text{MoO}_2$	Dioxid izotopic de molibden - 95
${}^{99}_{43}\text{Tc}$	Izotop stabil. Timp de injumatatire $t_{1/2} = 210000$ ani	99 - $\text{Tc}_2\text{O}_7$	Heptaoxid izotopic de tecnetiu - 99
${}^{105}_{46}\text{Pd}$	Izotop stabil	105 - $\text{PdO}$	Oxid izotopic de paladiu - 105
${}^{131}_{48}\text{Cd}$	Izotop stabil	131 - $\text{CdO}$	Oxid izotopic de cadmiu - 131
${}^{132}_{50}\text{Sn}$	Izotop stabil. Numar magic 82	132 - $\text{SnO}$	Oxid izotopic de staniu - 132
${}^{134}_{52}\text{Te}$	Izotop stabil. Numar magic 82	134 - $\text{TeO}$	Oxid izotopic de telur - 134
${}^{133}_{55}\text{Cs}$	Izotop stabil	133 - $\text{Cs}_2\text{O}$	Oxid izotopic de cesiu - 133
${}^{135}_{55}\text{Cs}$	Izotop stabil	135 - $\text{Cs}_2\text{O}$	Oxid izotopic de cesiu - 135
${}^{138}_{56}\text{Ba}$	Izotop stabil	138 - $\text{BaO}$	Oxid izotopic de bariu - 138
${}^{140}_{58}\text{Ce}$	Izotop stabil. Numar magic 82	140 - $\text{CeO}_2$	Dioxid izotopic de ceriu - 140
${}^{142}_{60}\text{Nd}$	Izotop stabil	142 - $\text{NdO}$	Oxid izotopic de neodim - 142
${}^{143}_{60}\text{Nd}$	Izotop stabil	143 - $\text{NdO}$	Oxid izotopic de neodim - 143

Izotop produs de fisiune :	Proprietate nucleara :	Oxid izotopic format in combustibil :	Denumirea :
${}^{A=144}_{Z=60}\text{Nd}$	Izotop stabil	144 - NdO	Oxid izotopic de neodim – 144
${}^{A=149}_{Z=62}\text{Sm}$	Izotop stabil	149 - SmO	Oxid izotopic de samariu – 149
${}^{A=151}_{Z=62}\text{Sm}$	Izotop radioactiv. Timp de injumatatire $t_{1/2} = 80$ ani	151 - SmO	Oxid izotopic de samariu – 151
${}^{A=153}_{Z=63}\text{Eu}$	Izotop stabil	153 - EuO	Oxid izotopic de europiu – 153
${}^{A=155}_{Z=63}\text{Eu}$	Izotop stabil	155 - EuO	Oxid izotopic de europiu – 155

Masa maxima de combustibil nuclear CANDU iradiat [ $m_{\text{cni}}$ (kg)] ce se incarca in tub cilindric colector **2**, se determina conform ecuatiei dimensionale :

$$m_{\text{cni}} = (m_{\text{pu}}^* \cdot M) / [M(\text{III}) \cdot m^*] = 1472 \text{ kg}$$

$m_{\text{pu}}^*$  - masa de azotati izotopici de plutoniu trivalent Pu(III) ce realizeaza criticitatea nucleara in apa distilata moderator-solvent la modulele reactor **D,E** ;  
 $m_{\text{pu}}^* = 9,229522 \text{ kg Pu}(\text{NO}_3)_3$  ;  $M$  – masa molară medie a dioxizilor izotopici de plutoniu tetravalent [Pu(IV)] respectiv  $\text{PuO}_2$  in combustibilul nuclear CANDU iradiat.  $M = 271,45 \text{ kg/kmol}$ .  $M(\text{III})$  – masa molară medie a azotatilor izotopici de plutoniu trivalent [Pu(III)] respectiv  $\text{Pu}(\text{NO}_3)_3$ ;  $M(\text{III}) = 425,491 \text{ kg/kmol}$ .  
 $m^*$  - masa medie a dioxizilor izotopici de plutoniu tetravalent ( $\text{PuO}_2$ ) in combustibilul CANDU iradiat;  $m^* = 4 \text{ g PuO}_2/\text{kg} = 0,004 \text{ kg PuO}_2/\text{kg}$  combustibil CANDU iradiat. Recircularea solutiei reactant ascendent si descendent prin combustibilul nuclear CANDU iradiat si taiat in bucati/granule cilindrice la temperatura de proces, determina activarea reactiilor chimice ale dioxizilor izotopici de U(IV) [ ${}^{235}\text{-UO}_2, {}^{236}\text{-UO}_2, {}^{238}\text{-UO}_2$ ], dioxizilor izotopici de Pu(IV) [ ${}^{238}\text{-PuO}_2, {}^{239}\text{-PuO}_2, {}^{240}\text{-PuO}_2, {}^{241}\text{-PuO}_2, {}^{242}\text{-PuO}_2$ ] si oxizilor izotopici ai produsilor de fisiune cu acid azotic timp de 3,7...3,8 ore in prezenta de oxigen molecular gazos/aer atmosferic comprimat si introdus sub presiune prin deschiderea automata a robinetului/vanei conductei **1e** a modulului reactor **A**. Ecuatiile reactiilor chimice principale sunt specificate conform tabel:

Ecuatia reactiei chimice:	Denumirea produsilor izotopici principali de reactie:
$2 \text{UO}_2 + 4 \text{HNO}_3 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$	$\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$ – azotati izotopici de uranil [U(VI)]
$\text{PuO}_2 + 4 \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Pu}(\text{NO}_3)_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$	$\text{Pu}(\text{NO}_3)_4$ – azotati izotopici de plutoniu(IV)
$\text{Cs}_2\text{O} + 2 \text{HNO}_3 \rightarrow 2 \text{CsNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	$\text{CsNO}_3$ – azotati izotopici de cesiu
$\text{SrO} + 2 \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Sr}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ – azotati izotopici de strontiu

*[Signature]*



Ecuatia reactiei chimice:	Denumirea produsilor izotopici principali de reactie:
$ZrO_2 + 4 HNO_3 \rightarrow Zr(NO_3)_4 + 2 H_2O$	$Zr(NO_3)_4$ – azotat izotopic de zirconiu
$MoO_2 + 4 HNO_3 + O_2 \rightarrow$ $\rightarrow MoO_2(NO_3)_2 + 2 H_2O$	$MoO_2(NO_3)_2$ – azotat izotopic de molibden(VI)
$Tc_2O_7 + 6 HNO_3 \rightarrow 2TcO_2(NO_3)_3 + 3 H_2O$	$TcO_2(NO_3)_3$ – azotat izotopic de tecnetiu
$PdO + 2 HNO_3 \rightarrow Pd(NO_3)_2 + H_2O$	$Pd(NO_3)_2$ – azotat izotopic de paladiu
$CdO + 2 HNO_3 \rightarrow Cd(NO_3)_2 + H_2O$	$Cd(NO_3)_2$ – azotat izotopic de cadmiu
$Ga_2O_3 + 6HNO_3 \rightarrow 2Ga(NO_3)_3 + 3H_2O$	$Ga(NO_3)_3$ – azotati izotopici de galiu
$GeO_2 + 4HNO_3 \rightarrow Ge(NO_3)_4 + 2H_2O$	$Ge(NO_3)_4$ – azotat izotopic de germaniu
$CeO_2 + 4HNO_3 \rightarrow Ce(NO_3)_4 + 2H_2O$	$Ce(NO_3)_4$ – azotat izotopic de ceriu
$NdO + 2 HNO_3 \rightarrow Nd(NO_3)_2 + H_2O$	$Nd(NO_3)_2$ – azotati izotopici de neodim
$SmO + 2 HNO_3 \rightarrow Sm(NO_3)_2 + H_2O$	$Sm(NO_3)_2$ – azotati izotopici de samariu
$EuO + 2 HNO_3 \rightarrow Eu(NO_3)_2 + H_2O$	$Eu(NO_3)_2$ – azotati izotopici de europiu
$BaO + 2 HNO_3 \rightarrow Ba(NO_3)_2 + H_2O$	$Ba(NO_3)_2$ – azotat izotopic de bariu

Masa de reactie in modul reactor **A** este formata din faza lichida solutia apoasa 6M  $HNO_3$  reactant si faza solida granule cilindrice de combustibil nuclear iradiat in care reactantii principali sunt dioxizii izotopici ai uraniului tetravalent ( $UO_2$ ) si procesul radiochimic heterogen solid-lichid este un proces de dizolvare a fazei solide de reactanti ( $UO_2, PuO_2, oxizi izotopici ai produsilor de fisiune$ ) concomitent cu reactia chimica rapida deoarece oxizii izotopici ai uraniului, plutoniului si produsilor de fisiune sunt oxizi bazici in reactie cu un oxiacid puternic respectiv acidul azotic din faza lichida. Etapa determinanta de viteza este procesul de dizolvare care are loc cu o viteza constanta. Gradul de transformare (conversia C) pentru reactantul de referinta (dioxizii izotopici ai uraniului tetravalent:

$^{235}UO_2, ^{236}UO_2, ^{238}UO_2$ ) este determinat conform ecuatiei dimensionale:

$C = (n^\circ - n) / n^\circ \rightarrow n = n^\circ \cdot (1 - C)$  ;  $n^\circ$  - numar moli  $UO_2$  initial in faza solida la inceputul procesului ;  $n$  – numar moli  $UO_2$  in faza solida la un anumit moment de timp. Ecuatia diferentiala de bilant molar pentru reactantul de referinta raportat la suprafata circulara plana dubla a granulei cilindrice de combustibil nuclear iradiat:

$$[dn/(S \cdot dt)] + V_p = 0 \rightarrow -[n^\circ \cdot dC/(S \cdot dt)] + V_p = 0$$

$S$  – suprafata de reactie a granulei ( $m^2$ ) determinata conform expresiei:  $S = 2 \cdot \pi \cdot r^2$  ;  $r$  – raza granulei cilindrice (m) ;  $d/dt$  – operator derivata in raport cu variabila timp ( $s^{-1}$ ) ;  $V_p$  – viteza procesului (moli/ $m^2 \cdot s$ ) .

$V_p = n^\circ \cdot [dC/(S \cdot dt)] = 0,01131$  moli  $UO_2/m^2 \cdot s$  . Viteza procesului heterogen raportata la volumul granulelor cilindrice de combustibil nuclear iradiat:

$V_p = 0,0833$  moli  $UO_2/m^3 \cdot s = 81$  kg  $UO_2/m^3 \cdot ora$  . Numarul de moli reactant  $UO_2$  existenti la un moment dat in granula cilindrica, se exprima in functie de inaltimea a granulei, conform ecuatiei dimensionale:

$$n = (m/M) = [(m_g \cdot x)/M] = [(\rho \cdot x \cdot V_g)/M] = (\pi \cdot r^2 \cdot h) \cdot [(\rho \cdot x)/M]$$

$m$  – masa de dioxizi izotopici de U(IV) (kg) ;

$M$  – masa molară medie a dioxizilor izotopici de U(IV).  $M = 270$  kg/kmol;

*Actim*

17

$m_g$  – masa granulei cilindrice de combustibil nuclear iradiat, fara tubul cilindric de zircaloy care nu reactioneaza cu acid azotic(kg);  
 $x$  – fractia de masa a dioxizilor izotopici de U(IV) in granulele cilindrice de combustibil nuclear iradiat(adimensionala);  $\rho$  – densitatea granulelor de combustibil nuclear iradiat(kg/m<sup>3</sup>) ;  $h$  – inaltimea/grosimea granulelor cilindrice de combustibil nuclear iradiat(m)( $h=0,02$  m).Ecuatia diferentia de bilant molar pentru reactantul de referinta la suprafata plana dubla a granulei cilindrice de combustibil nuclear iradiat:  $[(\rho \cdot x)/(2 \cdot M)] \cdot (dh/dt) + V_p = 0$  .

Durata medie de stationare a fazei solide  $t(s)$ , se determina conform ecuatiei integrale dimensionale:  $t = [(\rho \cdot x \cdot h)/(4 \cdot M \cdot V_p)] = 13356 \text{ s} = 3,71 \text{ ore}$  .

Volumul  $V_r(m^3)$  al reactorului **A** se determina conform ecuatiei dimensionale:

$$V_r = (V_u/\varphi) = [(V_1 + V_s)/\varphi] = [(m_s^\circ/\rho_s) + (m_l^\circ/\rho_l)] \cdot (1/\varphi)$$

$V_u$  – volumul util al reactorului **A** (m<sup>3</sup>) ;  $\varphi$  – coeficient de umplere(0,7...0,85) ;

$V_s$  – volumul fazei solide(m<sup>3</sup>) ;  $V_1$  – volumul fazei lichide(m<sup>3</sup>) ;  $m_s^\circ$  - masa initiala de faza solida la alimentarea reactorului **A** (kg) ;  $m_l^\circ$  - masa initiala de faza lichida solutie 6M HNO<sub>3</sub> reactant(kg) ;  $\rho_s$  – densitatea fazei solide(kg/m<sup>3</sup>) ;  $\rho_l$  – densitatea fazei lichide (kg/m<sup>3</sup>) . Ecuatia dimensionala de bilant termic a procesului heterogen solid-lichid de dizolvare concomitent cu reactia chimica exoterma:

$$Q_s^\circ + Q_l^\circ + Q_e + Q_t = Q_s + Q_l + Q_p$$

$Q_s^\circ$  - debit caloric intrat cu faza solida(kcal/s) si se determina conform ecuatiei dimensionale:  $Q_s^\circ = D_{ms}^\circ \cdot C_{ps}^\circ \cdot T_s^\circ$  ;  $D_{ms}^\circ$  - debit de masa faza solida initiala la alimentarea reactorului **A** (kg/s) ;  $C_{ps}^\circ$  - caldura specifica masica a fazei solide la presiune constanta(kcal/kg.°C) ;  $T_s^\circ$  - temperatura fazei solide la intrare(°C) ;

$Q_l^\circ$  - debit caloric intrat cu faza lichida(kcal/s) si se determina conform ecuatiei dimensionale:  $Q_l^\circ = D_{ml}^\circ \cdot C_{pl}^\circ \cdot T_l^\circ$  ;  $D_{ml}^\circ$  - debit de masa faza lichida solutia apoasa 6M HNO<sub>3</sub>(kg/s) ;  $C_{pl}^\circ$  - caldura specifica masica a fazei lichide la presiune constanta(kcal/kg.°C) ;  $T_l^\circ$  - temperatura fazei lichide la intrare(°C) ;

$Q_e$  – efectul termic al procesului(kcal/s),determinat conform ecuatiei dimensionale:

$$Q_e = [-\Delta H] \cdot V_p \cdot V_u$$
 ;  $[-\Delta H]$  – variatia entalpie de reactie exoterma(kcal/mol) ;

$V_p$  – viteza procesului heterogen in raport cu volumul(moli/m<sup>3</sup>.s) ;  $V_u$  – volumul util al reactorului **A** respectiv volumul corespunzator fazelor solida si lichida(m<sup>3</sup>) ;

$Q_t$  – debit caloric transferat procesului de la agentul caloportor(kcal/s) determinat conform ecuatiei dimensionale:  $Q_t = K \cdot A \cdot \Delta T_m$  ;  $K$  – coeficient total/global de transfer termic(kcal/m<sup>2</sup>.s.°C) ;  $A$  – suprafata cilindrica de transfer termic a reactorului **A** (m<sup>2</sup>) ;  $\Delta T_m$  – diferenta medie logaritmica de temperatura intre agentul termic caloportor lichid care circula prin mantaua reactorului **A** si masa de reactie(°C).  $Q_s$  – debit caloric iesit cu faza solida(tuburi cilindrice de zircaloy)(kcal/s) determinat conform ecuatiei dimensionale:  $Q_s = D_{ms} \cdot C_{ps} \cdot T_s$

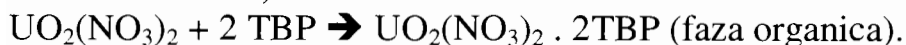
*Anto*

$D_{ms}$  – debit de masa faza solida la iesire din proces(kg/s) ;  $C_{ps}$  – caldura specifica masica a fazei solide la presiune constanta si la iesire din proces(kcal/kg.°C) ;  $T_s$  – temperatura fazei solide la iesire(°C) ;  $Q_l$  – debit caloric iesit cu faza lichida(kcal/s) determinat conform ecuatiei dimensionale:  $Q_l = D_{ml} \cdot C_{pl} \cdot T_l$   
 $D_{ml}$  – debit de masa faza lichida la iesire din proces(kg/s) ;  $C_{pl}$  – caldura specifica masica a fazei lichide la presiune constanta si la iesire din proces(kcal/kg.°C) ;  $T_l$  – temperatura fazei lichide la iesire din proces(°C) ;  $Q_p$  – debit caloric pierdut in mediul extern prin conductie,convecctie,radiatie(kcal/s). Suprafata cilindrica de transfer termic  $A(m^2)$  a reactorului **A**,se determina conform ecuatiei dimensionale:  
 $A=(1/K) \cdot \{(D_{ma} \cdot C_{pa} \cdot m_r \cdot C_{pr}) / [(m_r \cdot C_{pr}) + (D_{ma} \cdot C_{pa} \cdot t)]\} \cdot \ln[(T_{ai} - T_l^\circ) / (T_{ai} - T_l)]$   
 $D_{ma}$  – debit de masa agent caloportor lichid in circulatie prin mantaua reactorului **A** (kg/s) ;  $C_{pa}$  – caldura specifica a agentului caloportor lichid la presiune constanta(kcal/kg.°C) ;  $C_{pr}$  – caldura specifica a masei de reactie la presiune constanta(kcal/kg.°C) ;  $m_r$  – masa bifazica solid-lichid de reactie(kg);  $t$  – durata de stationare a masei de reactie in proces(s) ;  $T_{ai}$  – temperatura agentului caloportor lichid la intrare in mantaua cilindrica a reactorului **A** (°C) ;  $T_l^\circ$  - temperatura fazei lichide la intrare in reactor **A** (°C) ;  $T_l$  – temperatura fazei lichide la iesire din proces(°C) ;  $\ln$  – functia logaritm natural ;  $K$  – coeficient total de transfer termic (kcal/m<sup>2</sup>.s.°C).La expirarea duratei de stationare,se injecteaza aer comprimat in reactor **A** prin conducta **1e**,se deschid automat vanele conductelor **1d**,vana conductei **42h** fiind inchisa si masa de reactie se transfera sub presiune in modul reactor **B** extractor complexi azotati izotopici U(VI),Pu(IV) respectiv amestecatoarele **3**,decantoarele **4** prin conductele **3a,3b,3c**, robinetele/vanele conductelor **4a,4b,19c** fiind inchise.Se opreste motor **1f** si se extrage magnetic tub cilindric colector **2** pentru golire tuburi cilindrice de zircaloy si reincarcare cu granule cilindrice de combustibil nuclear CANDU iradiat.In amestecatoarele **3** se introduce extractantul organic[tributilfosfat(TBP) in concentratie de 40% in solvent kerosen/dodecan] cu densitate mai mica fata de masa de reactie,la un consum specific volumic  $CS_v = 7,775$  litri/kg combustibil nuclear iradiat si reprocessat.Volumul total de extractant organic[ $V_{eo}(m^3)$ ] se determina conform ecuatiei dimensionale:  $V_{eo} = CS_v \cdot m_{cni} = 11445$  litri =  $11,445 m^3$  din care volum kerosen/dodecan  $V_k = 6,867 m^3$  corespunzator masei  $m_k = 5494$  kg si volum extractant  $V_{tbp} = 4,578 m^3$ .Se adauga acid azotic concentrat pentru a regla concentratia la 4M HNO<sub>3</sub> necesara extractiei.Masa de reactie finala ca masa specifica  $m_f = 5,4$  kg faza lichida/kg combustibil nuclear reprocessat si compozitia chimica in produsi izotopici raportata la un 1 kg combustibil,conform tabel:

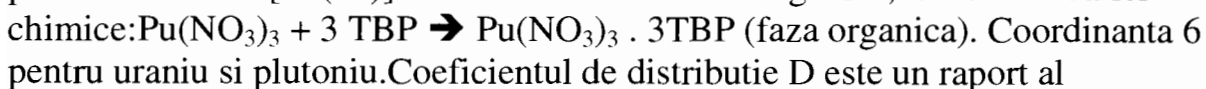
Produsi izotopici:	Masa:	Concentratie(%):	Concentratie(g/litru):
UO <sub>2</sub> (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1,44321 kg	26,729%	31,8744 g/litru
Pu(NO <sub>3</sub> ) <sub>4</sub>	0,006673 kg	0,1236%	1,4738 g/litru
Azotati prod.fis.	0,010537 kg	0,195%	2,3272 g/litru
HNO <sub>3</sub>	1,260924 kg	23,35%	278,487 g/litru
H <sub>2</sub> O	2,678 kg	49,6%	591,468 g/litru

*[Signature]*

Volumul specific final de faza lichida rezultata din reactor **A**:  $V_f=5,32$  litri /kg combustibil nuclear reprocessat si volumul total corespunzator masei de reactie:  $V_r = V_f \cdot m_{cni} = 7826$  litri =  $7,826$  m<sup>3</sup>. Volumul total [ $V_t$ (m<sup>3</sup>)] corespunzator masei de reactie:  $V_t = V_r + V_{eo} = 19,271$  m<sup>3</sup> pentru 8 unitati de transfer. Volumul unui aparat cubic [ $V_a$ (m<sup>3</sup>)] (decantor, amestecator), se determina conform ecuatiei dimensionale:  $V_a = [V_t / (2 \cdot n \cdot C_u)] = [(V_r + V_{eo}) / (2 \cdot n \cdot C_u)]$ ;  $n$  – numar unitati de transfer ( $n=8$ );  $C_u$  – coeficient de umplere al unui aparat ( $C_u = 0,85$ ). Reactantul organic de complexare si extractie este tributilfosfat (TBP) cu stabilitate chimica ridicata fata de acid azotic la o concentratie molară 4M HNO<sub>3</sub>, are formula chimica (H<sub>9</sub>C<sub>4</sub>-O)<sub>3</sub>P=O si masa molară  $M = 266$  kg/kmol. Acest reactant extractant se dizolva in concentratie 40% in solvent organic inert (alcani normali cu catena liniara C12: kerosen (dodecan), dizolvarea fiind obligatorie deoarece TBP are o densitate apropiata de apa si folosirea directa ca extractant nu este posibila deoarece cele doua faze se separa foarte greu, fapt ce justifica utilizarea kerosenului ca solvent care are o densitate mult mai mica fata de apa si mareste viteza de separare a fazelor prin decantare. Faza organica extractanta se introduce in amestecatoare **3** printr-o conducta de alimentare. Se pornesc motoarele electrice **6** ale amestecatoarelor **3**, agitatoarele turbina **5** si are loc recirculatia in contracurent, amestecarea, decantarea fazelor, prin conductele **3a, 3b, 3c** intre amestecatoare **3** si decantatoare **4**. Procesul chimic de extractie reactiva are loc in contracurent de faze cu complexarea si extractia simultana a azotatilor izotopici de U(VI), Pu(IV) din faza apoasa respectiv solutia finala rezultata din reactor **A** in faza organica (40% TBP in kerosen/dodecan) conform ecuatiilor chimice:



$Pu(NO_3)_4 + 2 \text{ TBP} \rightarrow Pu(NO_3)_4 \cdot 2 \text{ TBP (faza organica)}$ . Azotatii izotopici de plutoniu trivalent [Pu(III)] sunt si ei extrasi in faza organica, conform ecuatiei chimice:



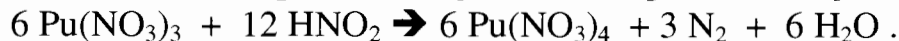
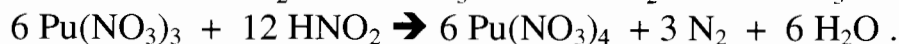
Coordinanta **6** pentru uraniu si plutoniu. Coeficientul de distributie  $D$  este un raport al concentratiilor azotatilor izotopici de U(VI), Pu(IV) intre faze:

$$D = [UO_2(NO_3)_2 \cdot 2 \text{ TBP}] (\text{faza organica}) / [UO_2(NO_3)_2] (\text{faza apoasa})$$

$$D = [Pu(NO_3)_4 \cdot 2 \text{ TBP}] (\text{faza organica}) / [Pu(NO_3)_4] (\text{faza apoasa})$$

$$D = [Pu(NO_3)_3 \cdot 3 \text{ TBP}] (\text{faza organica}) / [Pu(NO_3)_3] (\text{faza apoasa})$$

Valorile maxime ale coeficientului de distributie  $D$  numit si coeficient de extractie influentat de temperatura, sunt aproximativ  $D=60$  pentru 40% TBP in kerosen si practic o extractie totala a complexilor azotati izotopici de uraniu [U(VI)] in faza organica, o extractie de 99,8% a complexilor azotati izotopici de plutoniu tetravalent [Pu(IV)] si pentru marirea coeficientului de distributie (extractie), se oxideaza azotatii izotopici de Pu(III) la azotati izotopici de Pu(IV) in faza apoasa cu acid azotos (HNO<sub>2</sub>) prin introducerea de azotit de sodiu (NaNO<sub>2</sub>) in cantitati mici cu dizolvare directa in amestecatoare **3** si reactia de oxidare are loc conform ecuatiilor chimice:



Ecuatia chimica globala a procesului redox:  $6 \text{Pu}(\text{NO}_3)_3 + 12 \text{NaNO}_2 + 12 \text{HNO}_3 \rightarrow 6 \text{Pu}(\text{NO}_3)_4 + 12 \text{NaNO}_3 + 3 \text{N}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$ . Azotatii izotopici ai produsilor de fisiune, se extrag in faza organica in concentratie maxima de 6% din masa lor totala (radioactivitatea  $\beta, \gamma$ ). Cresterea apreciabila a coeficientului de distributie  $D$  areloc cu respectarea conditiei tehnologice: raportul intre masa/debit de masa faza organica (40% TBP in kerosen) si masa/debit de masa faza apoasa (solutia finala rezultata de la reactor **A**), sa fie subunitar. Bilantul de materiale al reactorului extractor **B** pentru unitatile de transfer 1 si  $n$ , se determina conform ecuatiei dimensionale:  $(F \cdot X_{n+1}) + (E \cdot Y_0) = (F \cdot X_1) + (E \cdot Y_n)$ ; Daca faza organica (40% TBP in kerosen) intra in unitatea de transfer 1 de complexare-extractie fara sa contina azotati izotopici U(VI), Pu(IV) sub forma de complexi, atunci  $Y_0 = 0$ . Ecuatia bilantului de materiale devine:  $(F \cdot X_{n+1}) = (F \cdot X_1) + (E \cdot Y_n)$

Raportul molar/raportul de masa  $[Y_n]$  al azotatilor izotopici U(VI), Pu(IV) in faza organica pentru unitatea  $n$  de complexare si extractie, se determina conform ecuatiei dimensionale (ecuatia de operatie):  $Y_n = [(F/E) \cdot (X_{n+1} - X_1)]$

$F$  – debit molar/debit de masa faza solutie apoasa azotica ce contine azotati izotopici U(VI), Pu(IV), Pu(III), produsi de fisiune (moli/s)(kg/s) si intra in reactor extractor **B** respectiv in decantor **4** al unitatii 1 de transfer;  $E$  – debit molar/debit de masa faza organica extractanta (40% TBP in kerosen) care intra in reactor extractor **B** respectiv in amestecator **3** al ultimei unitati de transfer (moli/s)(kg/s);  $X_1$  – raport molar/raport de masa al azotatilor izotopici U(VI), Pu(IV) in faza solutie apoasa epuizata care intra in unitatea de transfer 1 dupa ce a iesit din unitatea de transfer 2 (mol/mol)(kg/kg);  $X_{n+1}$  – raport molar/raport de masa al azotatilor izotopici U(VI), Pu(IV) in faza solutie apoasa care intra in unitatea  $n$  de transfer dupa ce a iesit din unitatea  $n+1$  de transfer (mol/mol)(kg/kg);  $Y_n$  – raport molar/raport de masa al complexilor azotati izotopici U(VI), Pu(IV) in faza organica care iese din unitatea  $n$  de transfer in contracurent si intra in unitatea  $n+1$  de transfer (mol/mol)(kg/kg). Ecuatia de echilibru a extractiei:  $D = (Y/X) \rightarrow Y = (D \cdot X)$ ;  $Y$  – raport molar/raport de masa al complexilor azotati izotopici U(VI), Pu(IV) in faza organica (mol/mol)(kg/kg);  $X$  – raport molar/raport de masa al azotatilor izotopici U(VI), Pu(IV) in faza solutie apoasa azotica (mol/mol)(kg/kg);  $X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8$  – rapoarte molare/rapoarte de masa ale azotatilor izotopici U(VI), Pu(IV) in faza solutie apoasa ce intra in contracurent in unitatile de transfer 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 (mol/mol)(kg/kg);  $Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5, Y_6, Y_7, Y_8$  – rapoarte molare/rapoarte de masa ale complexilor azotati izotopici U(VI), Pu(IV) in faza organica, iesiti din unitatile de transfer 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 in contracurent cu faza solutie apoasa azotica (mol/mol)(kg/kg). Prin raportare la 1 kg combustibil nuclear reprocessat, raportul de masa  $[X_i]$  (kg/kg) al azotatilor izotopici U(VI), Pu(IV) in faza solutie apoasa azotica initiala de alimentare unitatea 1 de transfer a reactorului extractor **B** dupa ce a iesit din reactor **A**, se determina conform expresiei:

*Autim*

21

$X_f = [(masa\ UO_2(NO_3)_2 + masa\ Pu(NO_3)_4) / (masa\ azotati\ izotopici\ produși\ de\ fisiune + masa\ HNO_3 + masa\ H_2O)] = 0,3671\ kg/kg$ . Consumul specific  $[q(kg/kg)]$  de extractant(40% TBP in kerosen), se determina conform ecuatiei dimensionale:

$q = (E / F) = 0,9816\ kg\ extractant/kg\ faza\ solutie\ apoasa\ azotica\ initiala\ de\ alimentare\ reactor\ extractor\ B$ . Modelul matematic de proces al unitatilor de transfer: Unitatea 1 de transfer(n=1):

$$Y_1 = (D \cdot X_1) = [(F/E) \cdot (X_2 - X_1)] = [(1/q) \cdot (X_2 - X_1)] = [(X_2/q) - (X_1/q)]$$

$$X_1 = X_2 / [1 + (q \cdot D)]$$

Unitatea 2 de transfer(n=2):

$$Y_2 = (D \cdot X_2) = [(F/E) \cdot (X_3 - X_1)] = [(1/q) \cdot (X_3 - X_1)] = [(X_3/q) - (X_1/q)]$$

$$X_2 = X_1 \cdot [1 + (q \cdot D)]$$

Unitatea 3 de transfer(n=3):

$$Y_3 = (D \cdot X_3) = [(F/E) \cdot (X_4 - X_1)] = [(1/q) \cdot (X_4 - X_1)] = [(X_4/q) - (X_1/q)]$$

$$X_3 = X_1 \cdot [1 + (q \cdot D) + (q^2 \cdot D^2)]$$

Unitatea 4 de transfer(n=4):

$$Y_4 = (D \cdot X_4) = [(F/E) \cdot (X_5 - X_1)] = [(1/q) \cdot (X_5 - X_1)] = [(X_5/q) - (X_1/q)]$$

$$X_4 = X_1 \cdot [1 + (q \cdot D) + (q^2 \cdot D^2) + (q^3 \cdot D^3)]$$

Unitatea n de transfer:

$$Y_n = (D \cdot X_n) = [(F/E) \cdot (X_{n+1} - X_1)] = [(1/q) \cdot (X_{n+1} - X_1)] = [(X_{n+1}/q) - (X_1/q)]$$

$$X_n = X_1 \cdot [1 + (q \cdot D) + (q^2 \cdot D^2) + (q^3 \cdot D^3) + \dots + (q^{n-1} \cdot D^{n-1})]$$

Pentru 5 unitati de transfer si coeficient de distributie(extractie)  $D=60$  al complexilor azotati izotopici U(VI),Pu(IV) in faza organica extractanta(40%TBP in kerosen) si conditia tehnica  $X_{n+1} = X_f = 0,3671\ kg/kg$ , valorile rapoartelor de masa X,Y sunt specificate in tabel:

$X_5 = 0,0165\ kg/kg$	$Y_5 = 0,99\ kg/kg$
$X_4 = 0,006233\ kg/kg$	$Y_4 = 0,374\ kg/kg$
$X_3 = 0,000106\ kg/kg$	$Y_3 = 0,00635\ kg/kg$
$X_2 = 0,0000018\ kg/kg$	$Y_2 = 0,000108\ kg/kg$
$X_1 = 0,00000003\ kg/kg$	$Y_1 = 0,0000018\ kg/kg$

Pentru 8 unitati de transfer si coeficienti de distributie(extractie)  $D=10$  pentru complexi azotati izotopici U(VI), $D=1,7$  pentru complexi azotati izotopici Pu(IV) in faza organica extractanta(40%TBP in kerosen) si in conditia tehnica  $X_{n+1} = X_f = 0,3671\ kg/kg$ , valorile rapoartelor de masa X,Y sunt specificate conform tabel:

$X_8=0,099\ kg/kg$	$Y_8=0,99\ kg/kg$
$X_7=0,0374\ kg/kg$	$Y_7=0,374\ kg/kg$
$X_6=0,0038\ kg/kg$	$Y_6=0,038\ kg/kg$
$X_5=0,000386\ kg/kg$	$Y_5=0,003865\ kg/kg$
$X_4=0,0000394\ kg/kg$	$Y_4=0,000394\ kg/kg$
$X_3=0,000004\ kg/kg$	$Y_3=0,000394\ kg/kg$
$X_2=0,0000004\ kg/kg$	$Y_2=0,000004\ kg/kg$
$X_1=0,0000000374\ kg/kg$	$Y_1=0,0000004\ kg/kg$

*Automa*

## 22

Procesul poate fi considerat omogen deoarece reactia de complexare respectiv formarea complexilor azotati izotopici U(VI),Pu(IV) are loc intr-o singura faza respectiv faza organica in care se extrag produsii izotopici de reactie.Ecuatia cinetica diferentiala de formare a complexilor azotati izotopici U(VI),Pu(IV):  $-[dC^*/dt] = k \cdot C^* \cdot C_{tbp}^2 = 4 \cdot k \cdot C^{*3}$ ;  $C^*$  - concentratia molară a azotatilor izotopici [ $UO_2(NO_3)_2$ ,  $Pu(NO_3)_4$ ] (moli/m<sup>3</sup>);  $C_{tbp}$  - concentratia molară a extractantului tributilfosfat (TBP) in faza organica (moli/m<sup>3</sup>). Avansul elementar al reactiei de complexare:  $(C^*/1) = (C_{tbp}/2) \rightarrow C_{tbp} = 2 \cdot C^*$   
 $k$  - constanta cinetica pentru reactia de complexare de ordinul 3 in raport cu azotatii izotopici U(VI),Pu(IV) [(m<sup>3</sup>)<sup>3</sup>/moli<sup>3</sup>.s];  $d/dt$  - operator derivata in raport cu variabila timp  $t$  (s<sup>-1</sup>). Timpul reactiei de complexare  $t$ (s), se determina conform ecuatiei integrale dimensionale:  $t = [1/(8 \cdot k \cdot C_i^{*2} \cdot C_f^{*2})] \cdot (C_i^{*2} - C_f^{*2})$ ;  $C_i^*$  - concentratia molară initiala (la inceputul procesului) a azotatilor izotopici U(VI),Pu(IV) (moli/m<sup>3</sup>);  $C_f^*$  - concentratia molară finală a azotatilor izotopici U(VI),Pu(IV) considerata neglijabila (moli/m<sup>3</sup>). Dupa durata totală de amestecare, complexare, decantare, extractie (1500 secunde, 25 minute) se scot din functiune motoarele electrice **6** ale amestecatoarelor **3** in scopul separarii fazelor vizualizata pe indicatoarele de nivel **4c** ale decantoarelor **4** cu camere speciale de vizualizare si se deschid automat vanele conductelor **4a, 4b** si faza lichida cu densitate mai mare epuizata total in azotatii izotopici U(VI),Pu(IV) fiind o solutie apoasa azotica a azotatilor izotopici produsi de fisiune este evacuata gravitational in vaporizator **37** al modulului distilator **J**. Prin inchiderea automata a vanei conductei **4b** si pornirea rotorului turbina **7** faza organica extractanta ce contine complexii azotatilor izotopici U(VI),Pu(IV) este pompata din decantor colector **4** in decantor **9** al modulului scrubber **C** la deschiderea automata a vanei conductei circulare **7g** si faza organica se distribuie in cele 6 unitati de transfer formate din amestecatoare **8**, decantoare **9** prin conductele **8a, 8b, 8c** si egalizare mase in aparatele modulului scrubber **C** cu rol de purificare prin eliminarea totală a azotatilor izotopici produsi de fisiune care au o solubilitate foarte mare in apa distilata ce se introduce in amestecatoare **8** printr-o conducta de alimentare. La inchiderea automata a vanei conductei **7g** si scoaterea concomitentă din functiune a rotorului turbina **7**, se pornesc motoarele electrice **11**, intra in functiune agitatoarele turbina **10** ale amestecatoarelor **8** si are loc recircularea, amestecarea, decantarea fazelor in contracurent prin conductele **8a, 8b, 8c** intre amestecatoare **8** si decantoare **9**. Procesul scrubbing este o spalare a fazei organice de complexi azotati izotopici U(VI),Pu(IV) cu apa distilata in conditia tehnica a mentinerii complexilor in faza organica. Concomitent cu extractia complexilor azotati izotopici U(VI),Pu(IV) in modul reactor extractor **B** se extrag maxim 6% azotati izotopici ai produsilor de fisiune din masa lor totală, sub forma de complexi si impurifica faza organica cu izotopi nedoriti (radioactivitatea  $\beta, \gamma$ ). Prin raportare la 1 kg combustibil nuclear reprocessat, masa initială de azotati izotopici produsi de

fisiune  $m=0,010537$  kg din care extrasi in faza organica sub forma de complexi  $m^* = 0,001729$  kg si un raport de masa initial in faza organica  $Y_f = 0,000256$  kg/kg corespunzator unui coeficient de distributie in raport cu faza organica  $D^*=0,003$  si in raport cu extractantul(apa distilata)  $D=(X/Y) = 333$ .Ecuatia de echilibru:  $X = (D.Y)$  ;  $X$  – raport molar/raport de masa al azotatilor izotopici produsi de fisiune, in extractantul apa distilata(mol/mol)(kg/kg);  $Y$  – raport molar/raport de masa al complexilor azotati izotopici produsi de fisiune cu TBP in faza organica(mol/mol)(kg/kg).Ecuatia de bilant material a scrubbingului pentru unitatile 1 si n de transfer:  $(F.Y_{n+1}) + (E.X_0) = (F.Y_1) + (E.X_n)$

Extractantul apa distilata nu contine azotati izotopici ai produsilor de fisiune ( $X_0=0$ ) si ecuatia operatiei scrubbing devine:  $(F.Y_{n+1})=(F.Y_1)+(E.X_n) \rightarrow X_n = [(F/E).(Y_{n+1} - Y_1)]$  ;  $F$  – masa/debit de masa faza organica in alimentare modul scrub  $C$  (kg)(kg/s);  $E$  – masa/debit de masa extractant apa distilata in alimentare scrub  $C$  si in contracurent cu faza organica ce contine complexii azotati izotopici ai produsilor de fisiune ca impurificatori(kg)(kg/s).In conditia tehnologica:  $F=E \rightarrow F/E = 1$ ,ecuatia operatiei scrubbing devine:

$X_n = (Y_{n+1} - Y_1) = (D.Y_n)$  ;  $X_n$  – raport de masa al azotatilor izotopici produsi de fisiune in extractantul apa distilata(kg/kg) care intra in unitatea n de transfer in contracurent cu faza organica;  $Y_{n+1}$  – raport de masa al complexilor azotati izotopici produsi de fisiune in faza organica, care intra in unitatea n de transfer dupa ce au iesit din unitatea n+1 de transfer(kg/kg);  $Y_1$  – raport de masa al complexilor azotati izotopici produsi de fisiune in faza organica, iesiti din unitatea 1 de transfer de masa(kg/kg);  $Y_n$  – raport de masa al complexilor azotati izotopici produsi de fisiune in faza organica, iesiti din unitatea n de transfer de masa(kg/kg).

Model matematic de proces scrubbing: Unitatea 1 de transfer(n=1):

$X_1 = (D.Y_1) = (Y_2 - Y_1)$  ;  $Y_1 = Y_2 / (1 + D)$

Unitatea 2 de transfer(n=2):

$X_2 = (D.Y_2) = (Y_3 - Y_1)$  ;  $Y_2 = Y_1.(1 + D)$

Unitatea 3 de transfer(n=3):

$X_3 = (D.Y_3) = (Y_4 - Y_1)$  ;  $Y_3 = Y_1.(1 + D + D^2)$

Unitatea 4 de transfer(n=4):

$X_4 = (D.Y_4) = (Y_5 - Y_1)$  ;  $Y_4 = Y_1.(1 + D + D^2 + D^3)$

Unitatea n de transfer de masa:

$X_n = (D.Y_n) = (Y_{n+1} - Y_1)$  ;  $Y_n = Y_1.(1 + D + D^2 + D^3 + .....D^{n-1})$

Pentru 6 unitati de transfer de masa si conditia tehnica  $Y_f = Y_n = 0,000256$  kg/kg, valorile rapoartelor de masa  $Y, X$  sunt specificate conform tabel:

$Y_6=0,0000007686$ kg/kg	$X_6=0,000256$ kg/kg
$Y_5=0,0000000023$ kg/kg	$X_5=0,000000768$ kg/kg
$Y_4=0,00000000002$ kg/kg	$X_4=0,0000000023$ kg/kg
$Y_3=0,0000000000002$ kg/kg	$X_3=0,000000000002$ kg/kg
$Y_2=0,000000000000006$ kg/kg	$X_2=0,0000000000002$ kg/kg
$Y_1=0,0000000000000002$ kg/kg	$X_1=0,000000000000006$ kg/kg

*[Handwritten signature]*





25

$F = m_{aup} + m_k = 11381$  kg. Masa totala [ $m_{aup}$ (kg)] a complexilor azotati izotopici U(VI),Pu(IV) in faza organica care intra in modul reactor reextractor **D**:  
 $m_{aup} = 5887$  kg din care: 5860 kg  $UO_2(NO_3)_2 \cdot 2TBP$  si 27 kg  $Pu(NO_3)_4 \cdot 2TBP$ .  
 Masa solvent kerosen:  $m_k = 5494$  kg. Masa totala a amestecului bifazic ce intra in reactor reextractor **D**:  $m = E + F = 0,1.F + F = 1,1.F = 12519$  kg. Reactia chimica cu transfer de electroni (reactie ionica) intre  $Pu(NO_3)_4$  si  $N_2H_4, Fe(H_2NSO_3)_2$  in mediu acid, are loc rapid si la interfata formata din picaturi sferice heterogene de faza organica si solutie apoasa, picaturi generate de agitatoarele turbina **15** din aparatele amestecatoare **13**. Etapa limitativa a procesului chimic heterogen este transferul de masa al complexilor intre cele doua faze prin interfata. Viteza procesului chimic heterogen bazat pe transferul de masa interfazic, este determinat conform ecuatiei dimensionale:  $V_p = K_t \cdot C_c$  ;  $V_p$  – viteza procesului heterogen(kg/m<sup>2</sup>.s) ;  $C_c$  – concentratia de complexi azotati izotopici de Pu(IV) in faza organica:  $C_c = 2,109 \dots 2,118$  kg/m<sup>3</sup> ;  $K_t$  – coeficientul transferului de masa al complexilor azotati izotopici U(VI),Pu(IV) din faza organica in solutia apoasa reactiva(m/s), determinat conform ecuatiei dimensionale:  $K_t = [(D \cdot Sh)/L]$ ;  
 $D$  – coeficient de difuzie al complexilor prin interfata(m<sup>2</sup>/s);  $L$  – dimensiunea caracteristica a unui aparat cubic al reactorului **D** ( $L = 1,0 \dots 1,25$  m);  
 $Sh$  – ecuatie criteriala Sherwood( $Sh = 28681$ ) functie adimensionala de criteriile Schmidt( $Sc$ ) si Reynolds( $Re$ ). Debit de masa [ $D_m$ (kg/s)] complexi azotati izotopici Pu(IV) transferat si reactionat, se determina conform ecuatiei dimensionale:  
 $D_m = V_p \cdot S_t = 0,0061$  kg/s ;  $S_t$  – suprafata de transfer de masa interfazica a picaturilor sferice heterogene generate de agitatoarele turbina **15** (m<sup>2</sup>). Durata de stationare a masei bifazice [t(s)] in reextractia reactiva si extractia azotatilor izotopici U(VI) in faza organica, pe baza transferului de masa cu reactii chimice(redox, complexare), se determina conform ecuatiei dimensionale:  
 $t = (m_c/D_m) = 3934$  s ;  $m_c$  – masa complexi azotati izotopici Pu(IV) in faza organica [ $m_c = 27$  kg  $Pu(NO_3)_4 \cdot 2TBP$ ]. La terminarea procesului heterogen de extractie-reextractie reactiva, masa solutiei apoase de reactie ( $m_r = 1008$  kg) are urmatoarea compozitie chimica procentuala, conform tabel:

Sulfamat de fer(II) nereactionat:	0,156%
Sulfamat de fer(III) produs de reactie:	0,538%
Azotat de fer(III) produs de reactie:	0,189%
Azotati izotopici de Pu(III) produsi:	0,853%
Acid azotic in exces:	3,126%
Apa solvent:	95,137%

Concentratia azotatilor izotopici de plutoniu trivalent [Pu(III)] este mai mica fata de concentratia critica ( $C_c^* = 4,54\%$ ) corespunzatoare fisiunii nucleare a izotopilor plutoniului cu neutroni termici in mediu multiplicativ apa distilata ca moderator si solvent. Dupa durata de stationare a masei bifazice, se scot din functiune motoarele electrice **16** ale amestecatoarelor **13** in scopul separarii fazelor vizualizata pe indicatoarele de nivel aferente decantoarelor **14** cu camere speciale de vizualizare

*Antim*

si se deschid automat vanele conductelor **14a** si faza organica cu densitate mai mare este pompata in decantor **19** al modulului reextractor **E**, la pornirea in functiune a rotorului turbina **17** si deschiderea automata a vanei conductei verticale aferenta rotorului turbina **17** iar solutia apoasa azotica de azotati izotopici Pu(III) este pompata in decantor **26** al modulului reactor extractor **G** prin deschiderea automata a vanei conductei verticale aferenta rotorului **17** si decantorului **26**. Faza organica se distribuie in cele 4 unitati de transfer formate din amestecatoare **18**, decantoare **19** prin conductele **18a, 18b, 18c** si egalizare mase in aparatele modulului reextractor **E** in scop functional de reextractie in contracurent a complexilor azotati izotopici de uranil[U(VI)] din faza organica in solutie apoasa 0,1M HNO<sub>3</sub> (6,3 g HNO<sub>3</sub>/litru) ce se introduce in reextractor E printr-o conducta de alimentare in amestecatoare **18**, rezultind o solutie apoasa concentrata de azotati izotopici de uranil[U(VI)] lipsita de radioactivitatea β a izotopilor produși de fisiune si eliminarea radioactivitatii γ prin trecerea solutiei apoase azotice de azotati izotopici U(VI) printr-o coloana de silicagel(SiO<sub>2</sub>) pentru retinerea completa a microcantitatilor de izotopi radioactivi. La inchiderea automata a vanei conductei verticale si scoaterea concomitenta din functiune a rotorului turbina **17**, se pornesc motoarele electrice **21**, intra in functiune agitatoarele turbina **20** ale amestecatoarelor **18** si are loc recircularea in contracurent, amestecarea si decantarea fazelor prin conductele **18a, 18b, 18c** intre amestecatoare **18** si decantoare **19**. Coeficientul de distributie al azotatilor izotopici U(VI) in faza solutie apoasa azotica diluata 0,1M HNO<sub>3</sub> este D=10. Ecuatia de echilibru a reextractiei in contracurent:  $(X/Y) = D \rightarrow X = (D \cdot Y)$ ; X – raport de masa al azotatilor izotopici U(VI) in faza solutie apoasa azotica 0,1M HNO<sub>3</sub> (kg/kg); Y – raport de masa al complexilor azotati izotopici U(VI) in faza organica (40% TBP in kerosen) (kg/kg). Raport de masa initial al complexilor azotati izotopici U(VI) in faza organica: Y<sub>f</sub> = 0,986. Ecuatia bilantului material al modulului reextractor **E** pentru unitatile 1 si n de transfer masic:  $(F \cdot Y_{n+1}) + (E \cdot X_0) = (F \cdot Y_1) + (E \cdot X_n)$ . Faza solutie diluata azotica de reextractie (0,1M HNO<sub>3</sub>) nu contine azotati izotopici U(VI) si X<sub>0</sub>=0. Ecuatia bilantului material:  $(F \cdot Y_{n+1}) = (F \cdot Y_1) + (E \cdot X_n)$ . F – masa/debit de masa faza organica in alimentarea reextractor **E** (kg)(kg/s); E – masa/debit de masa solutie apoasa diluata de reextractie (0,1M HNO<sub>3</sub>) si alimentare reextractor **E** in contracurent cu faza organica (kg)(kg/s); Y<sub>n+1</sub> – raport de masa al complexilor azotati izotopici U(VI) in faza organica care au iesit din unitatea n+1 de transfer si au intrat in unitatea n de transfer (kg/kg); Y<sub>1</sub> – raport de masa al complexilor azotati izotopici U(VI) in faza organica, care au iesit din unitatea 1 de transfer (kg/kg); X<sub>n</sub> – raport de masa al azotatilor izotopici U(VI) in faza solutie apoasa azotica diluata de reextractie (0,1M HNO<sub>3</sub>), care intra in unitatea n de transfer (kg/kg). Consum specific de solutie apoasa azotica diluata [q(kg/kg)] (0,1M HNO<sub>3</sub>) in conditia tehnica F=E si (F/E)=1, va fi: q = 1 kg solutie apoasa 0,1M HNO<sub>3</sub> de reextractie/ kg faza organica. Ecuatia dimensionala a procesului de reextractie:

$$X_n = (Y_{n+1} - Y_1) = (D \cdot Y_n).$$

*Artem*

27

Model matematic al procesului de reextractie:

Unitatea 1 de transfer(n=1):

$$X_1 = (D \cdot Y_1) ; Y_1 = Y_2 / (1 + D)$$

Unitatea 2 de transfer(n=2):

$$X_2 = (D \cdot Y_2) ; Y_2 = Y_3 \cdot [(1 + D) / (1 + D + D^2)]$$

Unitatea 3 de transfer(n=3):

$$X_3 = (D \cdot Y_3) ; Y_3 = Y_4 \cdot [(1 + D + D^2) / (1 + D + D^2 + D^3)]$$

Unitatea n de transfer:

$$X_n = (D \cdot Y_n) ; Y_n = Y_{n+1} \cdot [(1 + D + D^2 + D^3 + \dots + D^{n-1}) / (1 + D + D^2 + D^3 + \dots + D^{n-1} + D^n)]$$

Valorile X,Y pentru 4 unitati de transfer , q = 1 kg solutie 0,1M HNO3/kg faza organica si in conditia tehnica  $Y_f = 0,986$ , sunt specificate conform tabel:

$Y_4 = 0,0986$ kg/kg	$X_4 = 0,986$ kg/kg
$Y_3 = 0,00985$ kg/kg	$X_3 = 0,0985$ kg/kg
$Y_2 = 0,00976$ kg/kg	$X_2 = 0,0976$ kg/kg
$Y_1 = 0,000887$ kg/kg	$X_1 = 0,00887$ kg/kg

Compozitia procentuala a fazei organice la intrare in modul reextractor **E**, este specificata conform tabel:

Azotati izotopici U(VI) fara TBP :	21,96% $UO_2(NO_3)_2$
Tributilfosfat(TBP):	29,65% $(H_9C_4-O)_3P=O$
Kerosen/dodecan:	48,39% $C_{12}H_{26}$

Compozitia procentuala a solutiei apoase de reextractie la iesire din modul reextractor **E**, este specificata conform tabel:

Azotati izotopici U(VI):	32,2% $UO_2(NO_3)_2$
Apa:	67,8% $H_2O$

Dupa durata totala a reextractiei, se scot din functiune motoarele electrice **21** si agitatoarele turbina **20** ale amestecatoarelor **18** in scopul separarii fazelor vizualizata pe indicatoarele de nivel aferente decantoarelor **19** si se deschid automat vanele conductelor **19a, 19b** si solutia apoasa cu densitate mai mare rezultata la reextractor **E** este evacuata gravitational in modul **F** reactor cristalizor in care are loc procesul chimic de transformare a azotatilor izotopici de uraniu[U(VI)] in oxalati izotopici U(VI) cristalizati [ $UO_2(C_2O_4) \cdot 3H_2O$ ] de inalta puritate prin vaporizarea totala in vid(depresiune) a apei si acidului azotic si reactor **F** in care s-a introdus anterior masa de reactant acid oxalic( $H_2C_2O_4$ ) solid cristalizat, respectiv in colector cilindric **24**. Se porneste circulatia de agent termic prin mantaua cilindrica a modulului reactor cristalizor **F**. Se porneste motorul electric **23**, intra in miscarea de rotatie rotor **22** care pompeaza ascendent vertical reactantii azotati izotopici U(VI) si acid oxalic dizolvat in solutia apoasa cu paletele turbina **22b** prin tubulatura cilindrica **22c**, orificiile dreptunghiulare verticale **22e** in recirculatia masei de reactie la temperatura de proces ( $80^\circ C \dots 90^\circ C$ ) conform ecuatiei chimice:



*Antim*

28

Consumul specific de masa acid oxalic [ $CS_m$ (kg/kg)] in reactia chimica este determinat conform ecuatiei dimensionale:  $CS_m = (m_{ao}/m_{ouc}) = 0,21845$  kg  $H_2C_2O_4$  / kg  $UO_2(C_2O_4) \cdot 3H_2O$ ;  $m_{ao}$  – masa de acid oxalic reactant pur consumata in reactie(kg) si se determina conform ecuatiei dimensionale:

$m_{ao} = [m_{au} \cdot (M_{ao}^*/M_{au}^*)]$ ;  $m_{au}$  – masa de azotati izotopici U(VI) in solutia apoasa care intra in modul reactor **F** (kg) si se determina conform ecuatiei dimensionale:  $m_{au} = (V_{au} \cdot C_{au}) = 2493,35$  kg  $UO_2(NO_3)_2$ ;  $V_{au}$  – volumul solutiei apoase de azotati izotopici U(VI) care intra in reactor **F** ( $m^3$ ) ( $V_{au} = 5,541$   $m^3$ );  $C_{au}$  – concentratia volumetrica de azotati izotopici U(VI) in solutia apoasa (kg/ $m^3$ ) [ $C_{au} = 450$  kg  $UO_2(NO_3)_2 / m^3$ ];  $M_{ao}^*$  - masa molară a acidului oxalic (kg/kmol) ( $M_{ao}^* = 90$  kg/kmol);  $M_{au}^*$  - masa molară medie a azotatilor izotopici U(VI) (kg/kmol) [ $M_{au}^* = 394$  kg/kmol]. Viteza procesului chimic [ $V_p$  (moli/ $m^3$ )] in masa omogena de reactie si in raport cu reactantul de referinta-azotati izotopici U(VI), este specificata conform ecuatiei cinetice diferentiale:  $-[dC^*/dt] = k \cdot C^* \cdot C_{ao} = k \cdot C^{*2} = V_p$ ;  $C^*$  - concentratia molară de azotati izotopici uranil [U(VI)] (moli/ $m^3$ );  $C_{ao}$  – concentratia molară de acid oxalic (moli/ $m^3$ );  $k$  – constanta cinetica pentru reactia chimica de ordinul 2 [ $(m^3)^2$ /moli $^2$ ·s]. Avansul elementar de reactie:  $(C^*/1) = (C_{ao}/1) \rightarrow C_{ao} = C^*$ . Durata de stationare [ $t^*$ (s)] in reactia de precipitare cu formarea oxalatilor izotopici U(VI), se determina conform ecuatiei integrale dimensionale:  $t^* = (1/k) \cdot [(1/C_f^*) - (1/C_i^*)]$ ;  $C_i^*$  - concentratia molară initiala a azotatilor izotopici U(VI) la intrare in modul reactor **F** (moli/ $m^3$ );  $C_f^*$  - concentratia molară finala neglijabila a azotatilor izotopici U(VI) (moli/ $m^3$ ). Masa de oxalati izotopici U(VI) cristalizati [ $m_{ouc}$ (kg)], se determina conform ecuatiei dimensionale:

$m_{ouc} = [m_{au} \cdot (M_{ouc}^*/M_{au}^*)] = 2607,2$  kg.  $M_{ouc}^*$  - masa molară medie a oxalatilor izotopici U(VI) cristalizati (kg/kmol) [ $M_{ouc}^* = 412$  kg/kmol]. Masa de apa si acid azotic produs de reactie [ $m_{av}$ (kg)] ce se indeparteaza prin vaporizare in vid, se determina conform ecuatiei de bilant:  $m_{av} = (m - m_{ouc}) = 5150,2$  kg ( $H_2O + HNO_3$ )  $m$  – masa solutiei apoase de azotati izotopici U(VI) care intra in reactor cristalizor **F** (kg) ( $m = 7757,4$  kg) si se determina conform expresiei:  $m = (\rho \cdot V_{au})$ ;  $\rho$  - densitatea aproximativa a solutiei apoase (kg/ $m^3$ ) de azotati izotopici U(VI) ( $\rho = 1400$  kg/ $m^3$ ). Debitul de masa [ $D_m$ (kg/s)] al oxalatilor izotopici U(VI) cristalizati, se determina conform ecuatiei dimensionale:

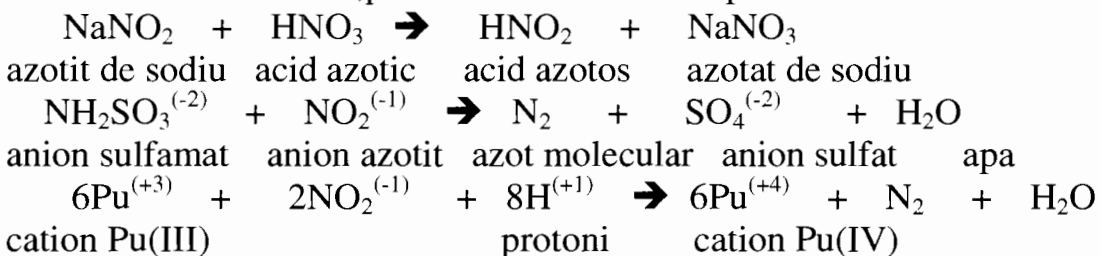
$D_m = (V_p \cdot V_{au} \cdot M_{ouc}^*) = (k \cdot C^{*2} \cdot V_{au} \cdot M_{ouc}^*)$ . Se porneste electropompa **43** a condensatorului **42** din modul distilator **J** si solutia apoasa de acid azotic reactant din bazin condensator **42f** se pompeaza prin conducta verticala **44** in camera de amestec cu ajutorul **42a**, ejector cilindro-conic **42e**, bazin **42f** si recirculare, efectuindu-se in vid (depresiune  $dP = 0,1$  atm = 76 mm col.Hg. = 10135 Pascali) in reactor cristalizor **F** prin conducta verticala de vapori **42c** avind loc vaporizarea apei si acidului azotic la temperatura de vaporizare corespunzatoare depresiunii  $dP$  (Pascali) in scopul cristalizarii oxalatilor izotopici U(VI) [ $UO_2(C_2O_4) \cdot 3H_2O$ ]. Vaporii de apa si acid azotic sunt condensati in solutia apoasa din bazin **42f** prin racire ca urmare a circulatiei agentului de racire prin mantaua bazinului.

Debitul caloric [ $Q_v$ (kcal/s)] de vaporizare apa, acid azotic, se determina conform ecuatiei dimensionale:  $Q_v = (H_v \cdot D_a) = K_t \cdot S_{tr} \cdot (T_a - T_v)$ ;  $H_v$  – entalpia vaporilor de apa, acid azotic la temperatura de vaporizare(kcal/kg);  $D_a$  – debit de masa apa, acid azotic sub forma de vapori(kg/s);  $K_t$  – coeficient total de transfer termic(kcal/m<sup>2</sup>.s.°C);  $S_{tr}$  – suprafata cilindrica de transfer termic a reactorului cristalizor **F** (m<sup>2</sup>);  $T_a$  – temperatura medie a agentului termic in circulatie forzata prin mantaua reactorului **F** (°C);  $T_v$  – temperatura de vaporizare dependenta de presiunea  $dP$ (°C). Viteza de vaporizare [ $V_v$ (kg/m<sup>2</sup>.s)] a apei si acidului azotic, se determina conform ecuatiei dimensionale:  $V_v = (D_a/S_{tr}) = [Q_v/(H_v \cdot S_{tr})] = [K_t \cdot (T_a - T_v)/H_v]$ . Debitul de masa vapori [ $D_a$ (kg/s)] apa, acid azotic, se determina conform ecuatiei dimensionale:  $D_a = (V_v \cdot S_{tr}) = [K_t \cdot S_{tr} \cdot (T_a - T_v)/H_v]$ . Durata de vaporizare [ $t$ (s)] a apei si acidului azotic, se determina conform ecuatiei dimensionale:  $t = (m_{av}/D_a) = [m_{av}/(V_v \cdot S_{tr})] = \{(m_{av} \cdot H_v)/[K_t \cdot (T_a - T_v)]\} = 4100$  s.

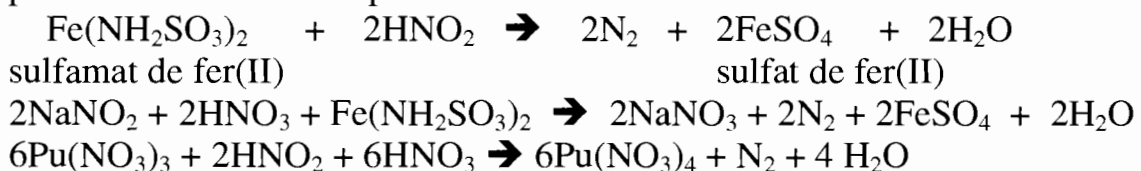
Masa de oxalati izotopici U(VI) cristalizati stationeaza in colector **24** care este evacuat din reactor **F** in mod periodic prin procedee magnetice. Oxalatii izotopici de U(VI) se descompun termic la temperatura de 400°C obtinindu-se dioxidii izotopici de uraniu tetravalent(UO<sub>2</sub>) de puritate nucleara, conform ecuatiei chimice:



In modul reactor extractor **G** are loc reactia chimica de oxidare a azotatilor izotopici Pu(III) la azotati izotopici Pu(IV) cu reactant oxidant azotit de sodiu(NaNO<sub>2</sub>) solutie apoasa care se introduce in amestecatoare **25** printr-o conducta de alimentare, procesul ionic are loc rapid conform ecuatiilor chimice:



Se pornesc motoarele electrice **28**, intra in functiune agitatoarele turbina **27** ale amestecatoarelor **25** si are loc recircularea in contracurent, amestecarea, procesul ionic redox, complexarea, extractia, decantarea fazelor, prin conductele **25a, 25b, 25c** intre amestecatoare **25** si decantatoare **26**. In urma procesului ionic redox, sulfamatul de fer(II) este distrus si prin cresterea concentratiei de acid azotic(3M...4M HNO<sub>3</sub>) azotatii izotopici Pu(IV) sunt complexati si extrasi in contracurent cu faza organica extractanta trioctilamina(TOA) cu formula chimica (H<sub>17</sub>C<sub>8</sub>)<sub>3</sub>N care se introduce in amestecatoarele **25** printr-o conducta de alimentare. Ecuatiile chimice globale ale procesului redox si complexare:



*Antim*

30

$\text{Pu}(\text{NO}_3)_4 + 2\text{TOA} \rightarrow \text{Pu}(\text{NO}_3)_4 \cdot 2\text{TOA}$  (faza organica).Coordinanta 6 la plutiniu tetravalent[ $\text{Pu}(\text{IV})$ ].Modul reactor **G** are 8 unitati de transfer de masa in contracurent faza organica-solutie apoasa,formate din amestecatoare **25** si decantoare **26** si fiecare unitate de transfer este formata din amestecator si decantor.Solventul utilizat pentru trioctilamina(TOA) este kerosen/dodecan in concentratie 20% in faza organica.Masa de solutie apoasa azotati izotopici  $\text{Pu}(\text{III})$ :  $F= 1000$  kg si compozitia chimica procentuala conform tabel:

Componenti/compusi:	Masa:	Concentratia(%):
Azotati izotopici $\text{Pu}(\text{III})$ :	11,391273 kg	1,14
Acid azotic:	252 kg	25,2
Apa:	736,608 kg	73,66

Masa de solutie apoasa la finalizarea procesului ionic redox( $F=1011,5$  kg),are compozitia chimica procentuala conform tabel:

Componenti:	Masa:	Concentratia(%):
Azotati izotopici $\text{Pu}(\text{IV})$ :	13,051145 kg	1,29
Azotat de sodiu:	1,0793 kg	0,107
Sulfat de fer(II):	1,93 kg	0,19
Azotat de fer(III):	1,9078 kg	0,108
Sulfamat de fer(III):	5,424 kg	0,536
Acid azotic:	249,71 kg	24,687
Apa:	739,177 kg	73,077

Raportul de masa initial[ $X_f(\text{kg/kg})$ ] al azotatilor izotopici  $\text{Pu}(\text{IV})$  in solutia apoasa rezultata din procesul redox:  $X_f = 0,0154$  kg  $\text{Pu}(\text{NO}_3)_4$  / kg solutie apoasa azotica.

Raportul de masa[ $q(\text{kg/kg})$ ] intre faza organica TOA si solutia apoasa:

$q=(E/F) = 0,1$  kg TOA/kg solutie apoasa azotica.Masa de complexi

organici[ $m_{co}(\text{kg})$ ] ai azotatilor izotopici  $\text{Pu}(\text{IV})$  cu TOA,se determina conform ecuatiei dimensionale:  $m_{co} = [m_{ap} \cdot (M_{co}^*/M_{ap}^*)] = 31,952$  kg  $\text{Pu}(\text{NO}_3)_4 \cdot 2\text{TOA}$  ;

$m_{ap}$  - masa azotati izotopici  $\text{Pu}(\text{IV})$ [ $m_{ap} = 13,051145$  kg  $\text{Pu}(\text{NO}_3)_4$ ];

$M_{co}^*$  - masa molară medie a complexilor organici ai azotatilor izotopici  $\text{Pu}(\text{IV})$  cu TOA[ $M_{co}^* = 1193,5$  kg/kmol];  $M_{ap}^*$  - masa molară medie a azotatilor izotopici

$\text{Pu}(\text{IV})$ [ $M_{ap}^* = 487,5$  kg/kmol].Pentru 8 unitati de transfer ale modulului reactor extractor **G** si consum specific de masa [ $CS_m=3,54$  kg TOA extractant/kg complexi azotati izotopici  $\text{Pu}(\text{IV})$  cu TOA la un coeficient de distributie(extractie)

$D=25$ ,valorile rapoartelor de masa  $Y,X$  sunt specificate conform tabel:

$Y_8=0,2733$ kg/kg	$X_8=0,0109$ kg/kg
$Y_7=0,111714$ kg/kg	$X_7=0,004468$ kg/kg
$Y_6=0,044576$ kg/kg	$X_6=0,001783$ kg/kg
$Y_5=0,01772$ kg/kg	$X_5=0,00071$ kg/kg
$Y_4=0,007$ kg/kg	$X_4=0,000279$ kg/kg
$Y_3=0,00268$ kg/kg	$X_3=0,000107$ kg/kg

*Amim*

$Y_2=0,0009625 \text{ kg/kg}$	$X_2=0,0000385 \text{ kg/kg}$
$Y_1=0,000268 \text{ kg/kg}$	$X_1=0,000011 \text{ kg/kg}$

Viteza procesului chimic heterogen [ $V_p(\text{kg/m}^2.\text{s})$ ] de complexare bazat pe transferul de masa interfazic, se determina conform ecuatiei dimensionale:  $V_p = (K_t \cdot C_c) = 1,045 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^2.\text{s}$ ;  $K_t$  – coeficientul transferului de masa interfazic al azotatilor izotopici Pu(IV) din solutia apoasa in faza organica(m/s);  $C_c$ - concentratia de complexi azotati izotopici Pu(IV) cu TOA(kg/m<sup>3</sup>). Debit de masa complexi azotati izotopici Pu(IV) [ $D_{mc}(\text{kg/s})$ ], se determina conform ecuatiei dimensionale:  $D_{mc}=(V_p \cdot S_i)=0,01 \text{ kg/s}$ .  $S_i$  – suprafata de transfer de masa interfazic a particulelor sferice heterogene generate de agitatoarele turbina **27** (m<sup>2</sup>). Durata de stationare a masei de reactie[t(s)] in extractia reactiva, se determina conform ecuatiei dimensionale:  $t=(m_{co}/D_{mc}) = 2820$  secunde. Dupa durata de stationare a masei de reactie, se scot din functiune motoarele electrice **28**, agitatoarele turbina **27** ale amestecatoarelor **25** in scopul separarii fazelor vizualizata pe indicatoarele de nivel aferente decantoarelor **26** si se deschid automat vanele conductelor **26a**, intra in functiune rotorul turbina **29** si masa de faza organica a complexilor izotopici Pu(IV) cu TOA in dodecan solvent este pompata in decantor **31** al modulului reextractor **H** si se distribuie in 4 unitati de transfer formate din amestecatoare **30**, decantoare **31** prin conductele **30a,30b,30c** si egalizare mase in aparatele modulului reextractor **H** cu scop functional de reextractie in contracurent a complexilor azotati izotopici Pu(IV) cu TOA din faza organica in solutie apoasa 2M HNO<sub>3</sub>. La inchiderea automata a vanei conductei verticale concomitent cu scoaterea din functiune a rotorului turbina **29**, se deschid automat vanele conductelor **26a,9b** si solutia apoasa epuizata total in complexii organici ai azotatilor izotopici Pu(IV), este evacuata gravitational in vaporizator **37** al modulului distilator **J**. La inchiderea automata a vanelor conductelor **26a,9b**, intra in functiune motoarele electrice **33**, agitatoarele turbina **32** si are loc recircularea fazelor in contracurent, amestecarea, reextractia, decantarea fazelor, prin intermediul conductelor **30a,30b,30c** intre amestecatoare **30** si decantoare **31**. Masa de faza organica (F=210,312 kg) intra in reextractor **H**, are urmatoarea componenta si compozitie procentuala conform tabel:

Componenti:	Masa:	Concentratia(%):
Azotati izotopici Pu(IV):	13,051 kg	6,20
Triocetilamina(TOA):	156,0 kg	74,17
Dodecan solvent:	41,26 kg	19,62
Complexi azotati Pu(IV) cu TOA:	31,95 kg	15,19
Triocetilamina (TOA) necomplexata:	137,10 kg	65,19
Dodecan solvent:	41,26 kg	19,62

*Antim*



32

Modelul matematic Ion Cristescu al reactorului chimic nuclear omogen termic cu geometrie cubica. Date chimice si nucleare ale azotatilor izotopici

Pu(III), Pu(IV), dodecan, trioctilamina:

Azotat izotopic Pu(III): 238-Pu(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>. Masa molară: M\* = 362 kg/kmol.

Izotop/element:	Fractie de masa(F):	Sectiune microscopica de absorbtie cu neutroni termici:	Sectiune microscopica de fisiune cu neutroni termici:
238-Pu:	$F_{pu} = (A^*/M^*) = 0,657458$	$\sigma_1 = 468$ barn	$\sigma_1^* = 18$ barn
Azot(N):	$F_n = [(3 \cdot A_n)/M^*] = 0,116022$	$\sigma_2 = 1,88$ barn	-
Oxigen(O):	$F_o = [(9 \cdot A_o)/M^*] = 0,39779$	$\sigma_3 = 0,00019$ barn	-

Sectiunea macroscopica raportata la masa, pentru absorbtia neutronilor termici:

$$\Sigma_{a238} = N \cdot \{ [(F_{pu} \cdot \sigma_1)/A^*] + [(F_n \cdot \sigma_2)/A_n] + [(F_o \cdot \sigma_3)/A_o] \} = 0,0788 \text{ m}^2/\text{kg};$$

Sectiunea macroscopica de fisiune cu neutroni termici, raportata la masa:

$$\Sigma_{f238} = N \cdot [(F_{pu} \cdot \sigma_1^*)/A^*] = 0,00299487 \text{ m}^2/\text{kg} \cdot A^*, A_n, A_o \text{ mase atomice molare pentru izotopi Pu, N, O (kg/kmol)}; N - \text{numarul lui Avogadro:}$$

$$N = 6,022 \cdot 10^{26} \text{ molecule/kmol}; 1 \text{ barn sectiune microscopica} = 10^{-28} \text{ m}^2.$$

Neutronii termici au energia  $\epsilon = 0,0253 \text{ eV} \dots 0,03 \text{ eV}$  in echilibru cu temperatura mediului.

Azotat izotopic Pu(III): 239-Pu(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>. Masa molară: M\* = 363 kg/kmol.

Izotop/element:	Fractie de masa(F):	Sectiune microscopica de absorbtie cu neutroni termici:	Sectiune microscopica de fisiune cu neutroni termici:
239 - Pu:	$F_{pu} = (A^*/M^*) = 0,6584$	$\sigma_1 = 941,66$ barn	$\sigma_1^* = 654,1$ barn
N:	$F_n = [(3 \cdot A_n)/M^*] = 0,1157$	$\sigma_2 = 1,88$ barn	-
O:	$F_o = [(9 \cdot A_o)/M^*] = 0,396694$	$\sigma_3 = 0,00019$ barn	-

Sectiunea macroscopica raportata la masa, pentru absorbtia neutronilor termici:

$$\Sigma_{a239} = N \cdot \{ [(F_{pu} \cdot \sigma_1)/A^*] + [(F_n \cdot \sigma_2)/A_n] + [(F_o \cdot \sigma_3)/A_o] \} = 0,157179 \text{ m}^2/\text{kg}.$$

Sectiunea macroscopica de fisiune cu neutroni termici, raportata la masa:

$$\Sigma_{f239} = N \cdot [(F_{pu} \cdot \sigma_1^*)/A^*] = 0,108529 \text{ m}^2/\text{kg}.$$

Azotat izotopic Pu(III): 240-Pu(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>. Masa molară: M\* = 364 kg/kmol.

Izotop/element:	Fractie de masa(F):	Sectiune microscopica de absorbtie cu neutroni termici:	Sectiune microscopica de fisiune cu neutroni termici:
240-Pu:	$F_{pu} = (A^*/M^*) = 0,65934$	$\sigma_1 = 248$ barn	$\sigma_1^* = 4$ barn
N:	$F_n = [(3 \cdot A_n)/M^*] = 0,1153846$	$\sigma_2 = 1,88$ barn	-
O:	$F_o = [(9 \cdot A_o)/M^*] = 0,3956$	$\sigma_3 = 0,00019$ barn	-

Sectiune macroscopica raportata la masa, pentru absorbtia neutronilor termici:

*Ion Cristescu*

$$\Sigma_{a240} = N \cdot \{ [(F_{pu} \cdot \sigma_1) / A^*] + [(F_n \cdot \sigma_2) / A_n] + [(F_o \cdot \sigma_3) / A_o] \} = 0,04197 \text{ m}^2/\text{kg}.$$

Sectiunea macroscopica de fisiune cu neutroni termici, raportata la masa:

$$\Sigma_{f240} = N \cdot [(F_{pu} \cdot \sigma_1^*) / A^*] = 0,000662 \text{ m}^2/\text{kg}.$$

Azotat izotopic Pu(III): 241-Pu(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>. Masa molară: M\* = 365 kg/kmol.

Izotop/element:	Fractie de masa(F):	Sectiune microscopica de absorbtie cu neutroni termici:	Sectiune microscopica de fisiune cu neutroni termici:
241-Pu:	$F_{pu} = (A^* / M^*) = 0,660274$	$\sigma_1 = 1336 \text{ barn}$	$\sigma_1^* = 971 \text{ barn}$
N:	$F_n = [(3 \cdot A_n) / M^*] = 0,115068$	$\sigma_2 = 1,88 \text{ barn}$	-
O:	$F_o = [(9 \cdot A_o) / M^*] = 0,39452$	$\sigma_3 = 0,00019 \text{ barn}$	-

Sectiunea macroscopica raportata la masa, pentru absorbtia neutronilor termici:

$$\Sigma_{a241} = N \cdot \{ [(F_{pu} \cdot \sigma_1) / A^*] + [(F_n \cdot \sigma_2) / A_n] + [(F_o \cdot \sigma_3) / A_o] \} = 0,221389 \text{ m}^2/\text{kg} ;$$

Sectiunea macroscopica de fisiune cu neutroni termici, raportata la masa:

$$\Sigma_{f241} = N \cdot [(F_{pu} \cdot \sigma_1^*) / A^*] = 0,160228 \text{ m}^2/\text{kg} .$$

Azotat izotopic Pu(III): 242-Pu(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>. Masa molară: M\* = 366 kg/kmol.

Izotop/element:	Fractie de masa(F):	Sectiune microscopica de absorbtie cu neutroni termici:
242-Pu:	$F_{pu} = (A^* / M^*) = 0,6612$	$\sigma_1 = 3 \text{ barn}$
N:	$F_n = [(3 \cdot A_n) / M^*] = 0,114754$	$\sigma_2 = 1,88 \text{ barn}$
O:	$F_o = [(9 \cdot A_o) / M^*] = 0,393443$	$\sigma_3 = 0,00019 \text{ barn}$

Sectiunea macroscopica raportata la masa, pentru absorbtia neutronilor termici:

$$\Sigma_{a242} = N \cdot \{ [(F_{pu} \cdot \sigma_1) / A^*] + [(F_n \cdot \sigma_2) / A_n] + [(F_o \cdot \sigma_3) / A_o] \} = 0,001422 \text{ m}^2/\text{kg}.$$

Azotat izotopic Pu(IV): 238-Pu(NO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>. Masa molară: M\* = 486 kg/kmol.

Izotop/element:	Fractia de masa(F):	Sectiunea microscopica de absorbtie cu neutroni termici:	Sectiunea microscopica de fisiune cu neutroni termici:
238-Pu:	$F_{pu} = (A^* / M^*) = 0,489712$	$\sigma_1 = 468 \text{ barn}$	$\sigma_1^* = 18 \text{ barn}$
N:	$F_n = [(4 \cdot A_n) / M^*] = 0,115226$	$\sigma_2 = 1,88 \text{ barn}$	-
O:	$F_o = [(12 \cdot A_o) / M^*] = 0,39506$	$\sigma_3 = 0,00019 \text{ barn}$	-

Sectiunea macroscopica raportata la masa, pentru absorbtia neutronilor termici:

$$\Sigma_{a238} = N \cdot \{ [(F_{pu} \cdot \sigma_1) / A^*] + [(F_n \cdot \sigma_2) / A_n] + [(F_o \cdot \sigma_3) / A_o] \} = 0,05893 \text{ m}^2/\text{kg} ;$$

Sectiunea macroscopica raportata la masa , pentru fisiunea cu neutroni termici:

$$\Sigma_{f238} = N \cdot [(F_{pu} \cdot \sigma_1^*) / A^*] = 0,0022307 \text{ m}^2/\text{kg};$$

Azotat izotopic Pu(IV): 239-Pu(NO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>. Masa molară: M\* = 487 kg/kmol.

Izotop/element:	Fractia de masa(F):	Sectiunea microscopica de absorbtie cu	Sectiunea microscopica de fisiune cu

*AMM*

		neutroni termici:	neutroni termici
239-Pu:	$F_{pu}=(A^*/M^*)=0,49076$	$\sigma 1=941,66$ barn	$\sigma 1^*=654,1$ barn
N:	$F_n=[(4.A_n)/M^*]=0,114989$	$\sigma 2=1,88$ barn	-
O:	$F_o=[(12.A_o)/M^*]=0,39425$	$\sigma 3=0,00019$ barn	-

Sectiunea macroscopica raportata la masa, pentru absorbtia neutronilor termici:

$$\Sigma_{a239}=N.\{[(F_{pu}.\sigma 1)/A^*]+[(F_n.\sigma 2)/A_n]+[(F_o.\sigma 3)/A_o]\}=0,11739 \text{ m}^2/\text{kg};$$

Sectiunea macroscopica raportata la masa, pentru fisiunea cu neutroni termici:

$$\Sigma_{f239}=N.[(F_{pu}.\sigma 1^*)/A^*]=0,080896 \text{ m}^2/\text{kg}.$$

Azotat izotopic Pu(IV):240-Pu(NO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>.Masa molara: M\*=488 kg/kmol.

Izotop/element:	Fractia de masa(F):	Sectiunea microscopica de absorbtie a neutronilor termici:	Sectiunea microscopica de fisiune cu neutroni termici:
240-Pu:	$F_{pu}=(A^*/M^*)=0,4918$	$\sigma 1=248$ barn	$\sigma 1^*=4$ barn
N:	$F_n=[(4.A_n)/M^*]=0,114754$	$\sigma 2=1,88$ barn	-
O:	$F_o=[(12.A_o)/M^*]=0,393443$	$\sigma 3=0,00019$ barn	-

Sectiunea macroscopica raportata la masa, pentru absorbtia neutronilor termici:

$$\Sigma_{a240}=N.\{[(F_{pu}.\sigma 1)/A^*]+[(F_n.\sigma 2)/A_n]+[(F_o.\sigma 3)/A_o]\}=0,031537 \text{ m}^2/\text{kg};$$

Sectiunea macroscopica raportata la masa, pentru fisiunea cu neutroni termici:

$$\Sigma_{f240}=N.[(F_{pu}.\sigma 1^*)/A^*]=0,00049368 \text{ m}^2/\text{kg}.$$

Azotat izotopic Pu(IV):241-Pu(NO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>.Masa molara: M\*=489 kg/kmol.

Izotop/element:	Fractia de masa(F):	Sectiunea microscopica de absorbtie a neutronilor termici:	Sectiunea microscopica de fisiune cu neutroni termici:
241-Pu:	$F_{pu}=(A^*/M^*)=0,4928425$	$\sigma 1=1336$ barn	$\sigma 1^*=971$ barn
N:	$F_n=[(4.A_n)/M^*]=0,11452$	$\sigma 2=1,88$ barn	-
O:	$F_o=[(12.A_o)/M^*]=0,392638$	$\sigma 3=0,00019$ barn	-

Sectiunea macroscopica raportata la masa, pentru absorbtia neutronilor termici:

$$\Sigma_{a241}=N.\{[(F_{pu}.\sigma 1)/A^*]+[(F_n.\sigma 2)/A_n]+[(F_o.\sigma 3)/A_o]\}=0,16548 \text{ m}^2/\text{kg};$$

Sectiunea macroscopica raportata la masa, pentru fisiunea cu neutroni termici:

$$\Sigma_{f241}=N.[(F_{pu}.\sigma 1^*)/A^*]=0,1195978 \text{ m}^2/\text{kg}.$$

Azotat izotopi Pu(IV):242-Pu(NO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>.Masa molara: M\*=490 kg/kmol.

Izotop/element:	Fractia de masa(F):	Sectiunea microscopica de absorbtie a neutronilor termici:
242-Pu:	$F_{pu}=(A^*/M^*)=0,493877$	$\sigma 1=3$ barn
N;	$F_n=[(4.A_n)/M^*]=0,114286$	$\sigma 2=1,88$ barn
O:	$F_o=[(12.A_o)/M^*]=0,391837$	$\sigma 3=0,00019$ barn

Sectiunea macroscopica raportata la masa, pentru absorbtia neutronilor termici:

*Auton*

35

$$\Sigma_{a242} = N \cdot \{ [(F_{pu} \cdot \sigma_1) / A^*] + [(F_n \cdot \sigma_2) / A_n] + [(F_o \cdot \sigma_3) / A_o] \} = 0,00129336 \text{ m}^2/\text{kg}.$$

Triocetilamina (TOA) :  $(H_{17}C_8)_3N$ . Masa molară:  $M=353 \text{ kg/kmol}$ .

Element:	Fractia de masa(F):	Sectiunea microscopica de absorbtie a neutronilor termici:
N:	$F_n = (A_n / M) = 0,03966$	$\sigma_1 = 1,88 \text{ barn}$
C:	$F_c = [(24 \cdot A_c) / M] = 0,815864$	$\sigma_2 = 0,0032 \text{ barn}$
H:	$F_h = [(51 \cdot A_h) / M] = 0,144476$	$\sigma_3 = 0,332 \text{ barn}$

Sectiunea macroscopica raportata la masa, pentru absorbtia neutronilor termici:

$$\Sigma_{a\text{toa}} = N \cdot \{ [(F_n \cdot \sigma_1) / A_n] + [(F_c \cdot \sigma_2) / A_c] + [(F_h \cdot \sigma_3) / A_h] \} = 0,00322859 \text{ m}^2/\text{kg}.$$

Dodecan (kerosen):  $C_{12}H_{26}$ . Masa molară:  $M=170 \text{ kg/kmol}$ .

Element:	Fractia de masa(F):	Sectiunea microscopica de absorbtie a neutronilor termici:
C:	$F_c = [(12 \cdot A_c) / M] = 0,847059$	$\sigma_1 = 0,0032 \text{ barn}$
H:	$F_h = [(26 \cdot A_h) / M] = 0,152941$	$\sigma_2 = 0,332 \text{ barn}$

Sectiunea macroscopica raportata la masa, pentru absorbtia neutronilor termici:

$$\Sigma_{ak} = N \cdot \{ [(F_c \cdot \sigma_1) / A_c] + [(F_h \cdot \sigma_2) / A_h] \} = 0,00307186 \text{ m}^2/\text{kg}.$$

$A_n, A_c, A_h$  – mase molare atomice ale elementelor azot, carbon, hidrogen (kg/kmol).

Productivitatile maxime [P(kg)] ale compusilor izotopici azotati Pu(III), Pu(IV) obtinute prin reprocesarea combustibilului nuclear CANDU iradiat si reprocesat, se determina conform ecuatiei dimensionale:  $P = [(C_m^* \cdot m_{cni} \cdot M^*) / A^*]$ ;  $C_m^*$  - concentratia maxima a unui izotop plutoniu in combustibilul iradiat (kg izotop/kg combustibil nuclear iradiat);  $m_{cni}$  – masa de combustibil nuclear CANDU iradiat si reprocesat (kg) [ $m_{cni} = 1472 \text{ kg}$ ];  $M^*$  - masa molară a azotatului izotopic Pu(III), Pu(IV) (kg/kmol);  $A^*$  - masa molară atomică a izotopului plutoniu (kg/kmol). Valorile concentratiilor izotopice maxime si productivitatile lor, sunt specificate conform tabel:

Izotop plutoniu:	$C_m^*$ (kg/kg):	P[Pu(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> ]:	P[Pu(NO <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ]:
$A=238$ $Z=94$ Pu:	0,00000505 kg/kg	0,013243 kg	0,015179 kg
$A=239$ $Z=94$ Pu:	0,002668 kg/kg	6,983685 kg	8,002482 kg
$A=240$ $Z=94$ Pu:	0,001319 kg/kg	3,446269 kg	3,947838 kg
$A=241$ $Z=94$ Pu:	0,0002623 kg/kg	0,684096 kg	0,783425 kg
$A=242$ $Z=94$ Pu:	0,0001014 kg/kg	0,26398 kg	0,302221 kg
Productivitate totala [Pt(kg)]:		11,391273 kg	13,051145 kg

Pe baza productivităților maxime [P(kg)], secțiunea eficientă macroscopică totală pentru fisiunea cu neutroni termici [ $\Sigma_{ft}(\text{m}^2)$ ] a compusilor izotopici azotati Pu(III), Pu(IV), se determina pe baza ecuatiei dimensionale:

$$\Sigma_{ft} = [(P_{238} \cdot \Sigma_{f238}) + (P_{239} \cdot \Sigma_{f239}) + (P_{240} \cdot \Sigma_{f240}) + (P_{241} \cdot \Sigma_{f241})]. P_{238}, P_{239}, P_{240}, P_{241}$$

productivități ale azotatilor izotopici Pu(III), Pu(IV)

*Antim*

36

Sectiunea eficace macroscopica totala pentru absorbtia de neutroni termici in compusii azotati izotopici Pu(III),Pu(IV),se determina pe baza ecuatiei dimensionale:

$$\Sigma_{at}=[(P_{238} \cdot \Sigma_{a238})+(P_{239} \cdot \Sigma_{a239})+(P_{240} \cdot \Sigma_{a240})+(P_{241} \cdot \Sigma_{a241})+(P_{242} \cdot \Sigma_{a242})]$$

Probabilitatea de fisiune(P<sub>f</sub>) cu neutroni termici a izotopilor de plutoniu din compusii azotati izotopici Pu(III),Pu(IV),se determina conform expresiei:

$P_f=(\Sigma_f/\Sigma_a)$ .Pe baza randamentului neutronic mediu pe fisiune cu neutroni termici[ $\nu$ (neutroni rapizi generati /fisiune)],randamentul neutronic pe absorbtie de neutroni termici[ $\eta$ (neutroni rapizi generati/neutron termic absorbit)](factor de regenerare) in izotopii de plutoniu din compusii azotati izotopici Pu(III),Pu(IV),se determina pe baza ecuatiilor dimensionale:  $\eta_{238}=\{[(\nu_{238} \cdot (\Sigma_{f238}/\Sigma_{a238}))]=(\nu_{238} \cdot P_{f238})$ ;  $\eta_{239}=(\nu_{239} \cdot P_{f239})=[\nu_{239} \cdot (\Sigma_{f239}/\Sigma_{a239})]$  ;  $\eta_{240}=(\nu_{240} \cdot P_{f240})=[\nu_{240} \cdot (\Sigma_{f240}/\Sigma_{a240})]$  ;  $\eta_{241}=(\nu_{241} \cdot P_{f241})=[\nu_{241} \cdot (\Sigma_{f241}/\Sigma_{a241})]$  .

Pu(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>:  $\Sigma_{at}=1,398278 \text{ m}^2$  ; Pu(NO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>: $\Sigma_{at}=1,401823 \text{ m}^2$  ; Valoare medie:  $\Sigma_{at}=1,4 \text{ m}^2$  .Valorile randamentelor neutronice de fisiune[  $\nu$  ] si randamentelor de absorbtie [  $\eta$  ] pentru izotopii plutoniului in compusii azotati izotopici Pu(III),Pu(IV),sunt specificate conform tabel:

Compusii azotati izotopici:	Randament neutronic pe fisiune[ $\nu$ ]:	Probabilitate de fisiune[P <sub>f</sub> ):	Randament neutronic pe absorbtie[ $\eta$ ]:
238-Pu(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	2,8 neutroni/fisiune	0,038	0,1064167
239-Pu(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	2,92 neutroni/fisiune	0,69	2,016202
240-Pu(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	3,0 neutroni/fisiune	0,0157	0,047319
241-Pu(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	3,0 neutroni/fisiune	0,7234	2,171219
238-Pu(NO <sub>3</sub> ) <sub>4</sub>	2,8 neutroni/fisiune	0,03785	0,105987
239-Pu(NO <sub>3</sub> ) <sub>4</sub>	2,92 neutroni/fisiune	0,68912	2,012235
240-Pu(NO <sub>3</sub> ) <sub>4</sub>	3,0 neutroni/fisiune	0,015654	0,046962
241-Pu(NO <sub>3</sub> ) <sub>4</sub>	3,0 neutroni/fisiune	0,722728	2,168181

Valoarea randamentului neutronic[ $\eta$  ],se determina conform expresiei:  $\eta=[(\eta_{238} \cdot P_{238})+(\eta_{239} \cdot P_{239})+(\eta_{240} \cdot P_{240})+(\eta_{241} \cdot P_{241})]/(P_{238}+P_{239}+P_{240}+P_{241}+P_{242})$ ].

Pu(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>:  $\eta=1,38091$  neutroni rapizi/neutron termic absorbit.

Pu(NO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>:  $\eta=1,3783$  neutroni rapizi/neutron termic absorbit.

*Antun*

Coeficientul de multiplicare al neutronilor ca raport intre numarul neutronilor rapizi produsi intr-o generatie si numarul neutronilor termici absorbiti in generatia anterioara in mediu material finit, se determina conform ecuatiei:

$K = \eta \cdot f \cdot P_{nt} \cdot P_{nr} = K^* \cdot P_{nt} \cdot P_{nr}$ ;  $K^* = (\eta \cdot f)$  – coeficient de multiplicare al neutronilor in mediu material infinit;  $P_{nt}$  – probabilitatea de evitare a scurgerii neutronilor termici in afara reactorului chimic nuclear;  $P_{nr}$  – probabilitatea de evitarea scurgerii neutronilor rapizi in afara reactorului chimic nuclear;  $f$  – factor de utilizare termica a izotopilor fisionabili ai plutoniului sub forma de azotati izotopici Pu(III), Pu(IV) dizolvati in apa ca moderator-solvent si se determina conform expresiei:  $f = \{\Sigma_{at} / [\Sigma_{at} + (\Sigma_{am} \cdot m)]\}$ ;  $m$  – masa de apa distilata ca moderator solvent (kg);  $\Sigma_{am}$  – sectiunea eficace macroscopica raportata la masa, pentru absorbtia neutronilor termici in apa ca moderator-solvent ( $m^2/kg$ ) si se determina conform expresiei:  $\Sigma_{am} = (\Sigma_a / \rho) = 0,00222886 m^2/kg$ ;  $\Sigma_a$  – sectiunea macroscopica de absorbtie a neutronilor termici in apa distilata ( $\Sigma_a = 2,2244 m^{-1}$ );  $\rho$  – densitatea apei distilate ca moderator solvent la temperatura de 20 grade Celsius ( $\rho = 998 kg/m^3$ ). Proces nuclear critic (fisiune):  $K^* = 1 \rightarrow f^* = (K^* / \eta) = 0,724$ . Proces nuclear subcritic:  $K^* < 1 \rightarrow f = 0,7$ . Masa minima de apa distilata necesara procesului subcritic, se determina conform ecuatiei dimensionale:  $m = [(1/f) - 1] \cdot (\Sigma_{at} / \Sigma_{am}) = 269,2 kg H_2O$ . Masa de apa necesara procesului critic:  $m^* = 239,45 kg H_2O$ . Concentratia critica [ $C_c^*$ ] pentru azotatii izotopici Pu(III) in apa distilata:  $C_c^* = [(100 \cdot P_t) / (P_t + m^*)] = 4,54 \%$ . Concentratia critica pentru azotatii izotopici Pu(IV) in apa distilata:  $C_c^* = [(100 \cdot P_t) / (P_t + m^*)] = 5,17 \%$ .  $P_t$  – productivitati totale pentru azotatii izotopici Pu(III), Pu(IV) (kg). Azotatii izotopici Pu(IV) complexi cu trioctilamina (TOA) in dodecan solvent si moderator organic impreuna cu TOA. Randament neutronic ( $\eta$ ) la absorbtie neutronilor termici:  $\eta = 1,3783$  neutroni rapizi/neutron termic absorbit. Proces nuclear critic (fisiune):  $K^* = 1 \rightarrow f^* = (K^* / \eta) = 0,725$ ;  $K^* < 1 \rightarrow f = 0,7$ . Factorul de utilizare termica ( $f$ ) a izotopilor Pu(IV) in complexii azotati izotopici Pu(IV) cu TOA in dodecan, se determina conform expresiei:  $f = \{\Sigma_{at} / [\Sigma_{at} + (\Sigma_{atoa} \cdot m_{toa}) + (\Sigma_{ak} \cdot m_k)]\}$ ;  $m_{toa}$  – masa de moderator organic trioctilamina si complexant (kg);  $m_k$  – masa de moderator organic dodecan si solvent (kg), ce se determina conform expresiei:  $m_k = \{m_{toa} / [(1/F_k) - 1]\} = 0,25 \cdot m_{toa}$ ;  $F_k$  – fractia de masa a dodecan moderator-solvent in faza organica (trioctilamina si dodecan), ce se determina conform expresiei:  $F_k = [m_k / (m_k + m_{toa})] = 0,2$ . Factor de utilizare a izotopilor Pu(IV) din complexi:  $f = \Sigma_{at} / \{\Sigma_{at} + [\Sigma_{atoa} + (0,25 \cdot \Sigma_{ak})] \cdot m_{toa}\}$ .  $\Sigma_{at}$  – sectiunea macroscopica raportata la masa, pentru absorbtia neutronilor termici in azotatii izotopici Pu(IV) ( $\Sigma_{at} = 1,401823 m^2$ );  $\Sigma_{ak}$  – sectiunea macroscopica raportata la masa, pentru absorbtia neutronilor termici in dodecan moderator organic si solvent ( $\Sigma_{ak} = 0,00307186 m^2/kg$ ). Masa de trioctilamina (TOA) necesara pentru  $f = 0,7$ , este determinata conform ecuatiei dimensionale:  $m_{toa} = [(1/f) - 1] \cdot \Sigma_{at} / [\Sigma_{atoa} + (0,25 \cdot \Sigma_{ak})] = 156 kg TOA$ .

*Antu*

38

Masa de dodecan(kerosen) necesara pentru  $f=0,7$ , se determina conform ecuatiei dimensionale:  $m_k = \{0,25 \cdot \Sigma_{at} \cdot [(1/f) - 1]\} / [\Sigma_{at} + (0,25 \cdot \Sigma_{ak})] = 39 \text{ kg } C_{12}H_{26}$ .  
 Concentratia critica  $[C_c^*]$  pentru azotatii izotopici Pu(IV) in TOA si dodecan:  
 $C_c^* = [(100 \cdot P_t) / (P_t + m_{toa} + m_k)] = 7,28 \%$ . Aria de migratie a neutronilor  $[M^2(m^2)]$  generati prin fisiunea nucleara a izotopilor  ${}_{Z=94}^{A=238} \text{Pu}$ ,  ${}_{Z=94}^{A=239} \text{Pu}$ ,  ${}_{Z=94}^{A=240} \text{Pu}$ ,  ${}_{Z=94}^{A=241} \text{Pu}$ , se determina conform ecuatiei dimensionale:  
 $M^2 = (L^2 + \tau) = 0,0035488 \text{ m}^2$  ;  $\tau$  - virsta neutronilor rapizi cu dimensiunea unei arii in moderator apa distilata ( $\tau = 0,0033 \text{ m}^2$ )  $L^2$  - aria de difuzie a neutronilor termici in solutia apoasa a azotatilor izotopici Pu(III), Pu(IV) ( $m^2$ ) si se determina conform expresiei:  $L^2 = L_m^2 \cdot (1 - f) = 0,000248832 \text{ m}^2$  ;  $L_m^2$  - aria de difuzie a neutronilor termici in moderator solvent 1 apa distilata ( $L_m^2 = 0,00082944 \text{ m}^2$ ). Ecuatia diferentiala generala a reactorului nuclear omogen:  $\Delta \Phi(x,y,z) + B^2 \Phi(x,y,z) = 0$  ;  $\Delta$  - operator tridimensional Laplace ca o suma de derivate pariale de ordin 2 in coordonatele  $x,y,z(m^{-2})$  ;  $\Phi(x,y,z)$  - flux neutronic functie de coordonatele spatiale  $x,y,z$  (neutroni/ $m^2 \cdot s$ ):  $\Phi(x,y,z) = X(x) \cdot Y(y) \cdot Z(z)$  ;  $X(x), Y(y), Z(z)$  - functii de flux neutronic pentru fiecare variabila spatiala (neutroni/ $m^2 \cdot s$ ) ;  $B^2$  - laplaceanul geometric ca valoare proprie a operatorului  $\Delta(m^{-2})$ . Ecuatia diferentiala a reactorului chimic nuclear cubic:  
 $Y(y) \cdot Z(z) \cdot [\partial^2 X(x) / \partial x^2] + X(x) \cdot Z(z) \cdot [\partial^2 Y(y) / \partial y^2] + X(x) \cdot Y(y) \cdot [\partial^2 Z(z) / \partial z^2] + B^2 \cdot X(x) \cdot Y(y) \cdot Z(z) = 0$  ;  $[1/X(x)] \cdot [\partial^2 X(x) / \partial x^2] + [1/Y(y)] \cdot [\partial^2 Y(y) / \partial y^2] + [1/Z(z)] \cdot [\partial^2 Z(z) / \partial z^2] + B^2 = 0$  ;  $[1/X(x)] \cdot [\partial^2 X(x) / \partial x^2] = -K_1^2$  ;  $[1/Y(y)] \cdot [\partial^2 Y(y) / \partial y^2] = -K_2^2$  ;  $[1/Z(z)] \cdot [\partial^2 Z(z) / \partial z^2] = -K_3^2$  ;  $K_1, K_2, K_3$  - coeficienti dimensionali ( $m^{-1}$ ).  
 Ecuatiile diferentiale dupa coordonate:  $[\partial^2 X(x) / \partial x^2] + K_1^2 \cdot X(x) = 0$  ;  $[\partial^2 Y(y) / \partial y^2] + K_2^2 \cdot Y(y) = 0$  ;  $[\partial^2 Z(z) / \partial z^2] + K_3^2 \cdot Z(z) = 0$  ;  $\partial^2 / \partial x^2, \partial^2 / \partial y^2, \partial^2 / \partial z^2$  - operatori derivate pariale de ordin 2 in raport cu variabile dimensionale  $x,y,z(m^{-2})$ .  
 Solutiile analitice sunt date de functia trigonometrica cosinus(cos):  
 $X(x) = X_0 \cdot \cos(K_1 \cdot x)$  ;  $Y(y) = Y_0 \cdot \cos(K_2 \cdot y)$  ;  $Z(z) = Z_0 \cdot \cos(K_3 \cdot z)$ . Conditii la limita:  
 1. Flux neutronic finit in centrul reactorului ( $x=y=z=0$ )  $\rightarrow \Phi_0 = X_0 \cdot Y_0 \cdot Z_0$  ;  
 2. Anularea fluxului neutronic la frontiera extrapolata (finita) a reactorului:  $\Phi=0$  ;  $x \rightarrow +a/2, x \rightarrow -a/2$  ;  $y \rightarrow +b/2, y \rightarrow -b/2$  ;  $z \rightarrow +c/2, z \rightarrow -c/2$  ;  $a,b,c$  - distantele/dimensiunile extrapolate (finite) ale reactorului chimic nuclear omogen termic (m) .  $K_1 \cdot (a/2) = (\pi/2) \rightarrow K_1 = (\pi/a)$  ;  $K_2 \cdot (b/2) = (\pi/2) \rightarrow K_2 = (\pi/b)$  ;  $K_3 \cdot (c/2) = (\pi/2) \rightarrow K_3 = (\pi/c)$ . Ecuatia fluxului neutronic:  
 $\Phi(x,y,z) = \Phi_0 \cdot \cos[(\pi \cdot x)/a] \cdot \cos[(\pi \cdot y)/b] \cdot \cos[(\pi \cdot z)/c]$ . In cazul reactorului cubic ( $a=b=c$ ), laplaceanul geometric  $[B^2(m^{-2})]$ , se determina conform expresiei:  
 $B^2 = (K_1^2 + K_2^2 + K_3^2) = [(\pi/a)^2 + (\pi/b)^2 + (\pi/c)^2] = 3 \cdot (\pi/a)^2$ . Dimensiunea extrapolata  $[a(m)]$  ca dimensiune finita a reactorului cubic, se determina conform ecuatiei dimensionale:  $a = 1,732 \cdot (\pi/B) = (5,43864 / B)$  ; Volumul critic minim al reactorului cubic:  $V^* = a^3 = (161/B^3)$  ; Masa critica minima a reactorului chimic nuclear omogen termic:  $M_c^* = (\rho \cdot V^*) = [(161 \cdot \rho) / B^3]$  ;  $\rho$  - densitatea masei de reactie in reactorul chimic nuclear omogen termic cu geometrie cubica [azotati

*AMM*

izotopici Pu(III),Pu(IV)](kg/m<sup>3</sup>). Ecuatia diferentiala a difuziei neutronilor monoenergetici:

$$D \cdot \Delta \Phi(x,y,z) - [\Sigma_{at} + (\Sigma_{am} \cdot m)] \cdot \Phi(x,y,z) + K^* \cdot [\Sigma_{at} + (\Sigma_{am} \cdot m)] \cdot \Phi(x,y,z) \cdot \exp(-B^2 \cdot \tau) = 0 ;$$

D – coeficient de difuzie al neutronilor(m); exp – functia exponentiala in baza e.

$$D \cdot \Delta \Phi(x,y,z) - \Sigma_a^* \cdot \Phi(x,y,z) + K^* \cdot \Sigma_a^* \cdot \Phi(x,y,z) \cdot \exp(-B^2 \cdot \tau) = 0 ;$$

$\Sigma_a^*$  - sectiunea macroscopica totala a neutronilor in izotopii plutoniului, azotatii izotopici Pu(III),Pu(IV) si moderator solvent apa distilata(m<sup>-1</sup>) .

Ecuatia diferentiala a difuziei neutronilor monoenergetici:

$$\Delta \Phi(x,y,z) + \Phi(x,y,z) \cdot \{ [K^* \cdot \exp(-B^2 \cdot \tau) - 1] / L^2 \} = 0 .$$

Prin identificare cu ecuatia diferentiala generala:  $B^2 = [K^* \cdot \exp(-B^2 \cdot \tau) - 1] / L^2 \rightarrow [1 + (B^2 \cdot L^2)] = K^* \cdot \exp(-B^2 \cdot \tau)$  .

Ecuatia de criticitate:  $K^* \cdot \exp(-B^2 \cdot \tau) / [1 + (B^2 \cdot L^2)] = 1$  si  $B^2 = B_m^2$  ;  $B_m^2$  - laplacean material pentru reactorul chimic nuclear omogen termic(m<sup>-2</sup>) .

$$K^* \cdot \exp(-B_m^2 \cdot \tau) / [1 + (B_m^2 \cdot L^2)] = K^* / \{ [1 - (B_m^2 \cdot \tau)] \cdot [1 + (B_m^2 \cdot L^2)] \} =$$

$$= K^* / [1 - B_m^2 \cdot (L^2 + \tau)] = K^* / [1 - (B_m^2 \cdot M^2)] = 1 .$$

Laplacean material [ $B_m^2$ (m<sup>-2</sup>)], se determina pe baza ecuatiei de criticitate:  $B^2 = B_m^2 \rightarrow B_m^2 = [(K^* - 1) / M^2] = 3 \cdot (\pi/a)^2$

Dimensiunea extrapolata(finita) a reactorului cubic, se determina pe baza ecuatiei dimensionale:  $a = (5,43864 \cdot M) / (K^* - 1)^{1/2}$  ; Volumul critic:  $V^* = a^3 =$

$$= (161 \cdot M^3) / (K^* - 1)^{3/2} .$$

Masa critica:  $M_c^* = (\rho \cdot V^*) = (161 \cdot \rho \cdot M^3) / (K^* - 1)^{3/2}$

Date dimensionale:  $K^* = 1,105$  ;  $M = 0,059572 \text{ m} \rightarrow a = 1 \text{ m}$  ;  $B^2 = 29,5788 \text{ m}^{-2}$  ;

Volumul critic corespunzator unui reactor cubic(decantor, amestecator):  $V^* = 1 \text{ m}^3$ .

Probabilitatea de evitare a scurgerilor neutronilor termici din reactor chimic nuclear( $P_{nt}$ ), se determina conform expresiei:  $P_{nt} = 1 / [1 + (B^2 \cdot L^2)] = 0,9927$  ;

Probabilitatea de evitare a scurgerilor neutronilor rapizi din reactor chimic nuclear( $P_{nr}$ ), se determina conform expresiei:  $P_{nr} = \exp(-B^2 \cdot \tau) = 0,907$  .

Coeficientul de multiplicare:  $K = K^* \cdot P_{nt} \cdot P_{nr} = \eta \cdot f \cdot P_{nt} \cdot P_{nr} = 0,995 < 1$  (proces nuclear subcritic respectiv reactor subcritic). Masa de solutie apoasa azotica care intra in amestecatoare **30** ale modulului reextractor **H**:  $E = 280 \text{ kg}$  solutie 2M

$\text{HNO}_3$ . Ecuatia bilantului material pentru unitatile de transfer 1 si n ale modulului reextractor **H**:  $(F \cdot Y_{n+1}) = (F \cdot Y_1) + (E \cdot X_n)$  ; ecuatia de echilibru a reextractiei:

$$(X/Y) = D \rightarrow X = (D \cdot Y) ;$$

D – coeficient de distributie(reextractie) ; F – masa/debit de masa faza organica in alimentarea reextractorului **H**(kg)(kg/s)( $F = 135,312 \text{ kg}$ ) ;

E – masa/debit de masa solutie apoasa azotica(2M  $\text{HNO}_3$ ) care intra in reextractor **H** in contracurent cu faza organica(kg)(kg/s). Consumul specific[q(kg/kg)] de solutie apoasa azotica:  $q = (E/F) = 2,1 \text{ kg solutie 2M } \text{HNO}_3 / \text{kg faza organica}$ . X –

raport de masa al azotatilor izotopici Pu(IV) in faza solutie apoasa azotica 2M  $\text{HNO}_3$  (kg/kg) ; Y – raport de masa al complexilor azotati izotopici Pu(IV) cu TOA in faza organica(kg/kg). Raport de masa initial al complexilor azotati izotopici Pu(IV) cu TOA in faza organica:  $Y_f = 0,2169$  . Ecuatia dimensionala a procesului de reextractie:  $X_n = (1/q) \cdot (Y_{n+1} - Y_1) = (D \cdot Y_n)$  ;  $Y_{n+1}$  – raport de masa al

complexilor azotati izotopici Pu(IV) cu TOA in faza organica, care au iesit din unitatea (n+1) si au intrat in unitatea n de transfer(kg/kg) ;  $Y_1$  – raport de masa al

complexilor azotati izotopici Pu(IV) cu TOA in faza organica, care au iesit din unitatea (n+1) si au intrat in unitatea n de transfer(kg/kg) ;  $Y_1$  – raport de masa al

complexilor azotati izotopici Pu(IV) cu TOA in faza organica, care au iesit din unitatea (n+1) si au intrat in unitatea n de transfer(kg/kg) ;  $Y_1$  – raport de masa al

complexilor azotati izotopici Pu(IV) cu TOA in faza organica, care au iesit din unitatea (n+1) si au intrat in unitatea n de transfer(kg/kg) ;  $Y_1$  – raport de masa al

*Artem*



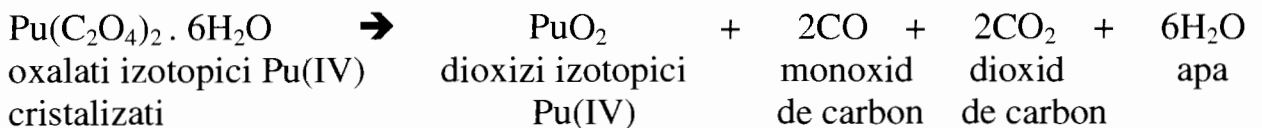
complexilor azotati izotopici Pu(IV) in faza organica care au iesit din unitatea 1 de transfer(kg/kg) ;  $Y_n$  – raport de masa al complexilor azotati izotopici Pu(IV) in faza organica care au iesit din unitatea n de transfer(kg/kg) ;  $X_n$  – raport de masa al azotatilor izotopici Pu(IV) in faza solutie apoasa azotica de reextractie(2M HNO<sub>3</sub>),care intra in unitatea n de transfer de masa(kg/kg).

Prin pornirea motoarelor **33**,intra in functiune agitatoarele **32** si faza organica de complexi azotati izotopici Pu(IV) cu TOA in dodecan se distribuie in cele 4 unitati de transfer prin conductele **30a,30b,30c** ale amestecatoarelor **30** in decantoarele **31** la egalizare de masa lichida in modul reextractor **H** cu scop functional de reextractie in contracurent a azotatilor izotopici Pu(IV) din faza organica prin 4 unitati de transfer in solutie apoasa azotica(2M HNO<sub>3</sub>) care se introduce in amestecatoare **30** prin conducte de alimentare.Dupa durata de stationare a masei bifazice,se scot din functiune motoarele electrice **33**,agitatoarele turbina **32** ale amestecatoarelor **30** in scopul separarii fazelor vizualizata pe indicatoarele de nivel aferente decantoarelor **31** cu camere speciale de vizualizare si se deschid automat vanele conductelor **31a,31b** si solutia apoasa azotica ce contine azotatii izotopici de Pu(IV) reextrasi este evacuata gravitational in modul reactor cristalizor **I** oxalati izotopici de Pu(IV).Prin inchiderea automata a vanei conductei **31b** si deschiderea automata a vanei conductei **31c**,faza organica de TOA in dodecan este evacuata gravitational in modul **G** reactor extractor respectiv in amestecatoarele **25** decantoarele **26**,respectiv o recirculare in proces.Acest reactor cristalizor **I** are scop functional reactia chimica a azotatilor izotopici Pu(IV) cu reactiv solid acid oxalic (H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>),conversia la oxalati izotopici Pu(IV)[Pu(C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)<sub>2</sub>],vaporizarea totala a apei si acidului azotic pentru obtinerea oxalatilor izotopici Pu(IV) cristalizati de forma 238-Pu(C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)<sub>2</sub> · 6H<sub>2</sub>O , 239-Pu(C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)<sub>2</sub> · 6H<sub>2</sub>O , 240-Pu(C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)<sub>2</sub> · 6H<sub>2</sub>O, 241-Pu(C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)<sub>2</sub> · 6H<sub>2</sub>O , 242-Pu(C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)<sub>2</sub> · 6H<sub>2</sub>O de inalta puritate.Procesul chimic are loc conform ecuatiei de reactie: Pu(NO<sub>3</sub>)<sub>4</sub> + 2H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> → Pu(C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)<sub>2</sub>+4HNO<sub>3</sub>  
Consumul specific de masa[CS<sub>m</sub>(kg/kg)] acid oxalic in reactia chimica,este determinat conform ecuatiei dimensionale:CS<sub>m</sub>=(m<sub>ao</sub>/m<sub>op</sub>)=[(2·M<sub>ao</sub>\*)/M<sub>op</sub>\*] = 0,4332 kg H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/kg Pu(C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)<sub>2</sub>; m<sub>ao</sub> – masa de acid oxalic reactant solid pulverulent consumata in reactie(kg) si se determina conform ecuatiei dimensionale:m<sub>ao</sub>=[(2·P<sub>t</sub>·M<sub>ao</sub>\*)/M<sub>ap</sub>\*] ; P<sub>t</sub> – productivitatea toala a azotatilor izotopici Pu(IV)[P<sub>t</sub>=13,051145 kg Pu(NO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>] ; M<sub>ao</sub>\* - masa molară a acidului oxalic(M<sub>ao</sub>\*=90 kg/kmol); M<sub>ap</sub>\* - masa molară medie a azotatilor izotopici Pu(IV)(M<sub>ap</sub>\*=487,5 kg/kmol); m<sub>op</sub>-masa oxalati izotopici puri de Pu(IV) produși de reactie(kg) si se determina conform ecuatiei dimensionale: m<sub>op</sub>=[(P<sub>t</sub>·M<sub>op</sub>\*)/M<sub>ap</sub>\*] ; M<sub>op</sub>\* - masa molară medie a oxalatilor izotopici Pu(IV) (M<sub>op</sub>\*=415,5 kg/kmol).Inainte de introducerea solutiei apoase azotice de azotati izotopici Pu(IV),se introduce in colector **36** masa de acid oxalic necesara procesului chimic determinata stoichiometric,in modul reactor **I**. Se porneste circulatia de agent

*Antim*

termic in manta si motorul electric **35**,intra in functiune rotorul **34** de recirculatie ascendenta a masei de reactie respectiv pompare cu paletete turbina **34b** prin tubulatura cilindrica **34c** si cele 4 orificii dreptunghiulare **34d**,circulatie descendenta elicoidala a masei de reactie pe mantaua termica a reactorului **I** cu ajutorul celor 4 palete dreptunghiulare verticale **34e** si recirculatie continua la terminarea reactiei chimice cu cinetica de ordinul 2 fata de reactantul de referinta acid oxalic,la temperatura de proces 80°C...90°C.Modul distilator **J** fiind in functiune,se efectueaza vid(depresiune  $dP=0,1$  atm.) in reactor cristalizor **I** prin conducta verticala de vapori **42b** avind loc vaporizarea apei si acidului azotic la temperatura de vaporizare corespunzatoare depresiunii,in scopul cristalizarii oxalatilor izotopici Pu(IV)[Pu(C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)<sub>2</sub> · 6H<sub>2</sub>O].Vaporii de apa si acid azotic sunt condensati in solutia apoasa din bazin **42f** prin racire ca urmare a circulatiei agentului de racire prin mantaua bazinului.Masa de oxalati izotopici de Pu(IV) cristalizati[m<sub>opc</sub>(kg)],se determina conform ecuatiei dimensionale:

$m_{opc}=[(P_1 \cdot M_{opc}^*)/M_{ap}^*]=16,443$  kg Pu(C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)<sub>2</sub> · 6H<sub>2</sub>O ; M<sub>opc</sub>\* - masa molară medie a oxalatilor izotopici Pu(IV) cristalizati[M<sub>opc</sub>\*=523,5 kg/kmol].Aceasta masa de oxalati izotopici Pu(IV) cristalizati,stationeaza in colector **36** care este evacuata din reactor **I** in mod periodic prin procedee magnetice.Oxalatii izotopici de Pu(IV) cristalizati se descompun termic la temperatura de 400°C...500°C obtinindu-se dioxizi izotopici de plutoniu tetravalent[PuO<sub>2</sub>] de puritate nucleara,conform ecuatiei chimice:



In bazin condensator **42f** al modulului distilator **J**,cu ajutorul electropompei **43** se recircula lichid motor rece solutie apoasa azotica prin conducta **44** si descendent cu viteza mare prin camera de amestec lichid-vapori cu ajutoraj **42a**,ejectorul cilindro-conic **42e** in circuit inchis efectuindu-se vid(depresiune) in vaporizator **37**,module reactoare **I,F** prin conductele **42d,42b,42c**,conform ecuatiei de conservare a energiei:[(ρ·W<sub>1</sub><sup>2</sup>)/2] + P<sub>1</sub> + (ρ·g·H<sub>1</sub>) = [(ρ·W<sub>2</sub><sup>2</sup>)/2] + P<sub>2</sub> + (ρ·g·H<sub>2</sub>)

ρ– densitatea lichidului motor rece,solutie apoasa azotica(kg/m<sup>3</sup>);W<sub>1</sub>-viteza de injectare a lichidului motor rece in ajutorajul camerei de amestec **42a**(m/s); W<sub>2</sub> – viteza de ejectare a lichidului motor rece din tubulatura ejectorului cilindro-conic **42e**(m/s); P<sub>1</sub> – presiunea dinamica in camera de amestec lichid-vapori cu ajutoraj **42a**(Pascali);P<sub>2</sub> - presiunea dinamica a lichidului motor rece in bazinul condensator **42f** la iesire din ejectorul cilindro-conic **42e**(Pascali); g – acceleratia gravitacionala(9,81 m/s<sup>2</sup>) ; H<sub>1</sub> – inaltimea cea mai mare a ejectorului cilindro-conic **42e**(m); H<sub>2</sub> – inaltimea cea mai mica a ejectorului cilindro-conic **42e** la nivelul bazinului condensator **42f**(m).In conditia tehnica: P<sub>2</sub>>>P<sub>1</sub> si H<sub>1</sub>>H<sub>2</sub> ,

P<sub>1</sub> reprezinta depresiunea(vid) in camera de amestec lichid-vapori cu ajutoraj **42a** egala cu presiunea de vaporizare P<sub>v</sub> =P<sub>1</sub>= 0,1 atm. = 10135 Pascali.Viteza de injectare[W<sub>1</sub>(m/s)] a lichidului motor rece,in camera de amestec cu ajutoraj **42a**,se

*[Signature]*

determina conform ecuatiei dimensionale a debitului:  $W_1 = (4 \cdot D_{v1}) / (\pi \cdot D_1^2)$ ;  $D_{v1}$  – debit volumetric de lichid motor rece pompat de electropompa **43** in circuit inchis ( $m^3/s$ );  $D_1$  – diametrul mic al ajutorului camerei de amestec lichid-vapori **42a** (m). Viteza de ejectare [ $W_2$  (m/s)] a lichidului motor rece din tubulatura conica a ejectorului cilindro-conic **42e**, se determina conform ecuatiei dimensionale a debitului:  $W_2 = (4 \cdot D_{v1}) / (\pi \cdot D_2^2)$ ;  $D_2$  – diametrul mare al ejectorului cilindro-conic **42e**, respectiv la iesire din tubulatura conica (m). Patratele vitezelor  $W_1$  si  $W_2$  variaza invers proportional cu puterea a patra a diametrelor  $D_1$  si  $D_2$  si in conditia tehnica in care  $D_2 > (5 \cdot D_1) \rightarrow W_2^2 \ll W_1^2 \rightarrow (W_1^2 - W_2^2)$  aproximativ egala cu  $W_1^2$  si variatia de presiune dinamica [ $\Delta P$  (Pascali)], se determina conform ecuatiei dimensionale:  $\Delta P = [(\rho \cdot W_1^2) / 2] + (\rho \cdot g \cdot \Delta H)$ . Variatia de inaltime [ $\Delta H = (H_1 - H_2)$ ] a ejectorului cilindro-conic **42e**, se determina conform ecuatiei dimensionale:  $\Delta H = [(2 \cdot \Delta P) - (\rho \cdot W_1^2)] / (2 \cdot \rho \cdot g)$ . Lungimea tubulaturii conice [ $L_c$  (m)] a ejectorului **42e**, se determina conform ecuatiei dimensionale:  $L_c = (D_2 - D_1) / (2 \cdot \text{tg} \alpha)$ ;  $\alpha$  – unghi de evazare al tubulaturii conice;  $\text{tg}$  – functia tangenta. Solutiile apoase azotice rezultate de la modulele **B, C, G** sunt evacuate descendent gravitational prin deschiderea automata a vanelor conductelor **4b, 9b** in vaporizator **37** al modulului distilator **J** cu scop functional de vaporizare a apei si acidului azotic, separarea de sarurile radioactive ale izotopilor produși de fisiune (azotati, sulfamati, sulfati) precum si cresterea concentratiei solutiei apoase azotice de la 8%  $HNO_3$  la 32%  $HNO_3$  prin vaporizarea in vid (0,1 atm.) si temperatura 80°C, a acidului azotic. Se porneste motorul electric **40**, intra in functiune rotorul de recirculatie **38** ascendent-descendent a solutiei apoase azotice de saruri radioactive si prin intermediul angrenajului cilindric de roti cu curele trapezoidale, intra in rotatie rotor de recirculatie **39** agent termic caloportor. Acest rotor **38** pompeaza solutia apoasa azotica cu paletele **38b** asamblate nedemontabil pe ax rotor **39a**, in mod ascendent prin tubulatura cilindrica **38c** si prin cele 4 orificii dreptunghiulare **38d** precum si descendent rotational pe suprafata cilindrica de transfer termic a vaporizatorului **37** in scopul incalzirii si vaporizarii solutiei la temperatura agentului termic 100°C...120°C, agent caloportor (apa presurizata sau glicerina) recirculat in plan orizontal prin mantaua vaporizatorului **37** si conductele **37a** ale generatorului termic, de rotor **39** cu ajutorul celor 4 palete dreptunghiulare verticale **39b** asamblate nedemontabil pe ax rotor **39a**. Vaporii de apa si acid azotic aspirati prin depresiune urca ascendent prin conducta **42d** in camera de amestec **42a**, fiind condensati prin amestecare si racire in ejector **42e**, bazin condensator **42f** ca urmare a recircularii lichid motor rece (solutie apoasa azotica) de electropompa **43** prin conducta verticala **44** in circuit inchis. Sarurile radioactive cristalizate ale izotopilor produși de fisiune cu masa  $m_{sr} = 30,119$  kg, sunt stationate in colector **41** pentru a fi evacuate periodic din vaporizator **37** prin procedee speciale. Se reduce temperatura agentului termic caloportor in recirculatie orizontala prin manta vaporizator **37** la 75°C...80°C, se deschide automat vana conductei **42g** si solutia apoasa azotica din bazin condensator **42f** este recirculata gravitational in vaporizator **37** vidat pentru

*AMM*

43

incalzire si vaporizare azeotrop hidrat( $\text{HNO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{HNO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) cu concentratie 68%  $\text{HNO}_3$  care la depresiunea  $dP=0,1 \text{ atm.}=10135 \text{ Pascali}$ , are punct de fierbere  $75^\circ\text{C}$ . Vaporii azeotropici, sunt condensati in bazin **42f** si recircularea solutiei are loc pentru concentrare la 32%  $\text{HNO}_3$  respectiv concentratie de proces pentru modul reactor **A**. Debitul caloric [ $D_c$  (kcal/s)] al generatorului termic, ce se transfera in proces de vaporizare se determina conform ecuatiilor dimensionale:

$$D_c = (D_m \cdot \Delta H_a) = (\rho \cdot D_v \cdot \Delta H_a) = (\rho \cdot w \cdot S_c \cdot \Delta H_a) = (2 \cdot \pi \cdot N \cdot R \cdot \rho \cdot S_c \cdot \Delta H_a) = (K_t \cdot S_t \cdot \Delta T)$$

$D_m$  – debit de masa agent caloportor in circulatie prin manta vaporizator **37** si generator termic (kg/s);  $\Delta H_a$  – diferenta de entalpie a agentului caloportor (kcal/kg) si se determina conform expresiei:  $\Delta H_a = (H_i - H_f)$ ;  $H_i$  – entalpia initiala a agentului caloportor respectiv la iesire din generator (kcal/kg);  $H_f$  – entalpia finala a agentului caloportor respectiv la intrare in generator termic (kcal/kg);  $\rho$  – densitatea agentului caloportor ( $\text{kg}/\text{m}^3$ );  $D_v$  – debit volumetric de agent caloportor pompat de rotor **39** prin manta vaporizator **37** si generator termic ( $\text{m}^3/\text{s}$ );  $w$  – viteza de circulatie a agentului caloportor prin manta vaporizator **37** (m/s);  $S_c$  – sectiunea de curgere a agentului caloportor in plan orizontal prin manta vaporizator **37** ( $\text{m}^2$ );  $N$  – turatia rotorului **39** (rotatii/s);  $R$  – raza mare de rotatie a paletelor **39b** aferent rotor **39** (m);  $K_t$  – coeficient total de transfer termic prin peretele cilindric vertical (suprafata de transfer termic) ( $\text{kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C}$ );

$S_t$  – suprafata cilindrica interioara de transfer termic a vaporizatorului **37** ( $\text{m}^2$ );  $\Delta T$  – diferenta de temperatura ( $^\circ\text{C}$ ) intre agent caloportor si solutia apoasa azotica, ce se determina conform expresiei:  $\Delta T = (T_a - T_v)$ ;  $T_a$  – temperatura agentului caloportor in circulatie prin manta vaporizator **37** ( $^\circ\text{C}$ );  $T_v$  – temperatura de vaporizare a solutiei apoase azotice ( $^\circ\text{C}$ ). Durata de vaporizare [ $t$  (s)], se determina conform ecuatiei dimensionale:  $t = [(m_{sa} \cdot H_{sa})] / (K_t \cdot S_t \cdot \Delta T)$ ;  $m_{sa}$  – masa apei si acidului azotic respectiv masa solutiei azotice din vaporizator **37** (kg);  $H_{sa}$  – entalpia medie a vaporilor de apa si acid azotic la temperatura de vaporizare (kcal/kg). La scoaterea din functiune a electropompei **43** si egalizare de presiune cu presiunea atmosferica in vaporizator **37** prin deschiderea unui robinet de aerisire, se elimina apa printr-o conducta de evacuare a aparatului, apa care se stocheaza in bazine speciale pentru recirculare.

Inventia prezinta urmatoarele avantaje:

- reactor chimic nuclear realizeaza productivitatea prin reprocessarea izotopica a combustibililor nucleari CANDU iradiati, mai mare cu 40% fata de aparatele, instalatiile cunoscute;
- reactor chimic nuclear are o viteza de reprocessare izotopica dubla fata de aparate si sisteme cunoscute datorita intensificarii proceselor;
- reactor chimic nuclear realizeaza un grad avansat de puritate nucleara la izotopilor uraniului, plutoniului in compusii lor radiochimici utilizati in tehnologia combustibililor nucleari, eventualii izotopi impurificatori sunt exprimati in unitati de parti de masa pe milion parti masa;

- reactor chimic nuclear reprocesor izotopic realizeaza reciclarea zirconiului respectiv aliajului zircaloy pentru productia si reproductia de tuburi/teci cilindrice pentru fasciculele/elementele combustibile CANDU in ciclul combustibil de oxizi izotopici mixti( $UO_2+PuO_2$ ) precum si in ciclul uraniului natural sub forma  $UO_2$ ;
- reactor chimic nuclear reprocesor izotopic realizeaza securitatea nucleara si protectia radiologica a personalului operator si mediului deoarece posedea componente modulare etajate si este amplasat intr-un bloc cilindric vertical subteran construit din beton nuclear.In caz accidental de criticitate nucleara datorita izotopilor plutoniului,se injecteaza automat solutii apoase de acid boric (10%  $H_3BO_3$ ) in modulele reactor **G,H,I** pentru absorbtia neutronilor rapizi in izotopul ( $^{10}_5B$ ) proces chimic nuclear, conform ecuatiei de reactie:  

$$^{A=10}_{Z=5}B + ^{A=1}_{Z=0}n^0 \rightarrow ^{A=11}_{Z=5}B^* \rightarrow ^{A=7}_{Z=3}Li + ^{A=4}_{Z=2}He + \delta$$

izotop bor                      neutron                      izotop litiu      izotop heliu      energie
- reactor chimic nuclear reprocesor izotopic realizeaza reprocesarea si a altor tipuri de combustibili nucleari oxidici iradiati in conditia existentei specificatiei tehnice de compozitie izotopica ;
- reactor chimic nuclear reprocesor izotopic poate fi automatizat si robotizat complet.

#### Bibliografie:

1. I.Ursu.Fizica si tehnologia materialelor nucleare.Editura Academiei R.S.R. Bucuresti 1982.Pag: 365...419.
2. I.Galateanu.Procese si metode radiochimice in energetica nucleara.Editura Academiei R.S.R.Bucuresti 1981.Pag:21..42.49...70.75...89.135...143.161...165.
3. F.Bunus.Actinidele si aplicatiile lor.Editura Stiintifica si Enciclopedica.Bucuresti 1981.Pag: 59...122.235.....271.
4. N.Perescu.Chimia extractiei cu solventi si aplicatii.Editura Academiei R.S.R. Bucuresti 1985.Pag: 101...146.
5. \*\*\* STAS 6729/1-82.Fizica reactorilor nucleari.Terminologie.
6. N.Mihailescu.Teoria reactoarelor nucleare.Editura Tehnica.Bucuresti 2003. Pag: 259...285.324....332.524....535.681...687.773...777.
7. S.Petrescu.I.Balasanian.I.Mamaliga.Ingineria proceselor chimice.Vol.II.Sisteme heterogene.Editura "Gh.Asachi" Iasi 1999.Pag: 99....123.
8. I.Cristescu.Actinidele – studiu fizico-chimic prin descoperire dirijata(teza grad I chimie).Facultatea de chimie.Universitatea „Alexandru Ioan Cuza” Iasi.Sesiunea 2000-2002.

*[Signature]*

## REVENDIRI:

1. Reactor chimic nuclear reprocesor izotopic, **caracterizat prin aceea ca**, este format din modul reactor radiochimic (**A**) generator azotati izotopici U(VI), Pu(IV), produși de fisiune, ce comunica prin conducta cu robinet/vana (**1d**) cu modul reactor extractor (**B**) complexi azotati izotopici U(VI), Pu(IV) cu tributil fosfat in dodecan solvent, faza organica extractanta pompata de rotor turbina (**7**) in modul scrubber (**C**) de spalare si pomparea fazei purificate de rotor turbina (**12**) in modul reactor (**D**) reextractor azotati izotopici Pu(III) in solutie apoasa azotica reductoare si extractor complexi azotati izotopici U(VI) cu tributilfosfat in dodecan solvent, faza organica extractanta este pompata de rotor turbina (**17**) in modul (**E**) reextractor azotati izotopici U(VI) in apa distilata, modul (**E**) ce comunica prin conducta cu robinet/vana (**19b**) cu modul reactor (**F**) generator oxalati izotopici U(VI) cristalizati prin vaporizare in vid a apei si acidului azotic, vapori ce urca ascendent prin conducta (**42c**) si condenseaza in bazin condensator (**42f**) al modul distilator (**J**).
2. Reactor chimic nuclear reprocesor izotopic, conform revendicarii 1, **caracterizat prin aceea ca**, din acest modul reactor reextractor (**D**) solutia apoasa azotica reductoare de azotati izotopici Pu(III) este pompata de rotor turbina (**17**) in modul reactor extractor (**G**) de oxidare azotati izotopici Pu(III) la azotati izotopici Pu(IV) si extractia complexilor formati cu trioctilamina in dodecan solvent, faza organica extractanta la masa subcritica este pompata de rotor turbina (**29**) in modul reextractor (**H**) al azotatilor izotopici Pu(IV) in solutie apoasa azotica la masa subcritica, modul (**H**) ce comunica prin conducta cu robinet/vana (**31b**) cu modul reactor (**I**) generator oxalati izotopici Pu(IV) cristalizati prin vaporizare in vid a apei si acidului azotic, vapori ce urca ascendent prin conducta (**42b**) si condenseaza in bazin condensator (**42f**) al modul distilator (**J**).
3. Reactor chimic nuclear reprocesor izotopic, conform revendicarii 1, **caracterizat prin aceea ca**, acest modul reactor radiochimic (**A**) solid-lichid corp cilindric vertical cu manta termica de incalzire masa radiochimica de reactie la temperatura de proces, posedea la partea inferioara o conducta cu robinet/vana (**1d**) de alimentare cu solutie apoasa reactiv acid azotic si golire/evacuare faza lichida a masei de reactie, solutie apoasa de acid azotic, azotati izotopici U(VI), Pu(IV), produși de fisiune, precum si o

conducta(1e) de alimentare cu oxigen molecular gazos/aer atmosferic necesar reactiilor radiochimice si in acest modul reactor(A) este asamblat demontabil un rotor turbina(1) de recirculatie prin pompare faza lichida solutie apoasa de acid azotic prin faza solida de combustibil nuclear iradiat taiat in bucati cilindrice, in mod ascendent si descendent rotational si acest rotor(1) este format din doua tuburi cilindrice concentrice asamblate nedemontabil, consolidate la partea superioara si contin intre tuburi, doua rinduri a opt palete elicoidale(1a),(1b) cu rol de pompare ascendenta a fazei lichide solutie apoasa de acid azotic, azotati izotopici U(VI), Pu(IV), produși de fisiune si recirculare descendenta rotatională prin patru orificii dreptunghiulare(1c) pozitionate la partea superioara a rotorului(1) sub unghi de 90 grade pe circumferinta tubului interior, recirculare prin tub colector cilindric(2) iar acest rotor(1) este actionat in rotatie de mijloc tehnic(1f).

4. Reactor chimic nuclear reprocesor izotopic, conform revendicarii 1,3, **caracterizat prin aceea ca**, acest tub colector cilindric(2) cu scop de container pentru combustibil nuclear iradiat taiat in bucati cilindrice si de retinere a tecilor/tuburilor cilindrice de aliaj zircaloy sau otel inoxidabil, este format dintr-o tubulatura cilindrica(2a) inchisa de doua capace circulare perforate(2b) asamblate demontabil pe un ax cilindric central(2c) ce posedă la partea superioara o placa circulara(2d) cu rol de suport tub colector(2) si fixarea, ghidarea acestuia in tub cilindric interior al rotorului(1) in care este asamblat demontabil si inchis in timpul reprocesarii cu un capac cilindric filetat.
5. Reactor chimic nuclear reprocesor izotopic, conform revendicarii 1, **caracterizat prin aceea ca**, acest modul reactor extractor(B) este format din 8 unitati de transfer de masa in contracurent de faze lichid-lichid nemiscibile in jurul modul reactor(A) si fiecare unitate de transfer este formata dintr-un amestecator cubic de faze(3) prin recirculare energica si complexare precum si dintr-un decantor cubic separator gravitacional de faze(4) in care complexii azotati izotopici U(VI), Pu(IV) cu tributilfosfat sunt separati/extrasi in faza organica iar azotatii izotopici ai produsilor de fisiune neextractibili ramin in solutia apoasa si in fiecare amestecator de faze(3) este asamblat demontabil un agitator turbina(5) cu alimentare axiala dubla si refulare/pompare radiala a fazelor ca amestec heterogen lichid-lichid, actionat in miscarea de rotatie de mijloc tehnic(6) iar acest agitator turbina(5) este format dintr-un ax central(5a) pe care sunt asamblate nedemontabil pe doua rinduri(superior/inferior) a opt palete turbina(5b) inclinate la 30...45 grade fata de orizontala, cu rol functional de pompare ascendenta axiala de jos in sus a solutiei apoase de azotati izotopici U(VI), Pu(IV), produși de fisiune si pompare descendenta axiala de sus in jos a extractantului tributilfosfat in dodecan solvent si pe aceste palete turbina(5b) este asamblata nedemontabil o tubulatura cilindrica(5c) cu rol de directionare a masei radiochimice heterogene de reactie, tubulatura(5c) ce

- poseda la partea de mijloc orificii circulare(5d) pentru pompare radiala/ejectare a masei heterogene lichid-lichid ce contine complexii azotati izotopici U(VI),Pu(IV) cu tributilfosfat.
6. Reactor chimic nuclear reprocesor izotopic,conform revendicarii 1,5,**caracterizat prin aceea ca**,aceste amestecatoare de faze(3) poseda conducte circulare(3a) asamblate nedemontabil la partea superioara pentru alimentare/intrare faza organica extractanta de complexi azotati izotopici U(VI),Pu(IV) cu tributilfosfat din decantoare separatoare gravitationale(4) precum si conducte circulare(3b) asamblate nedemontabil la partea inferioara pentru alimentare/intrare faza solutie apoasa azotica,azotati izotopici din decantoare separatoare gravitationale(4) in contracurent cu faza organica si dupa amestecarea energica,amestecul heterogen lichid-lichid format este pompat radial de agitatoare turbina(5) in decantoare(4) prin conducte circulare(3c) asamblate nedemontabil la partea de mijloc intre amestecatoare(3) si decantoare(4) pe cinci rinduri si fiecare decantor(4) poseda conducta circulara cu robinet/vana(4a) asamblata nedemontabil la partea inferioara pentru colectare solutii apoase de acid azotic,azotati izotopici produsi de fisiune intr-un decantor colector(4) precum si un mijloc tehnic(4c) pentru masurare volum amestec bifazic decantat iar acest decantor colector(4) poseda o conducta circulara cu robinet/vana(4b) asamblata nedemontabil la partea inferioara pentru evacuare gravitationala a solutiei apoase in vaporizator(37) al modul distilator(J).
7. Reactor chimic nuclear reprocesor izotopic,conform revendicarii 1,5,6,**caracterizat prin aceea ca**,acest rotor turbina(7) de pompare faza organica extractanta complexi azotati izotopici U(VI),Pu(IV) cu tributil fosfat,este format din ax rotor(7a) actionat in rotatie de mijloc tehnic(7b) si prin angrenaj cilindric de roti dintate(7c),(7d) transmite miscarea de rotatie la ax rotor(7e) si pompeaza ascendent vertical faza organica extractanta prin conducta circulara verticala(7g) in primul decantor al modul scruber(C) si toate aceste componente sunt consolidate si asamblate intr-un bazin paralelipipedic(7h) cu rol de stocare intermediara a fazei organice.
8. Reactor chimic nuclear reprocesor izotopic,conform revendicarii 1,acest modul scruber(C) de spalare cu apa distilata a fazei organice de complexi azotati izotopici U(VI),Pu(IV) cu tributilfosfat,cu scop de purificare prin eliminarea totala a azotatilor izotopici produsi de fisiune cu solubilitate foarte mare in apa,este format din 6 unitati de transfer de masa in contracurent de faze lichid-lichid in jurul modulului reactor(A) si fiecare unitate de transfer este formata din amestecator cubic de faze(8) si decantor cubic separator gravitationa l de faze(9) in care azotatii izotopici ai produsilor de fisiune sunt separati total de faza organica si in fiecare amestecator de faze(8) este asamblat demontabil un agitator turbina(10) cu rol si componente asemanatoare agitator(5),actionat in rotatie de mijloc tehnic(11) si aceste



48

amestecatoare(8) contin conducte circulare(8a),(8b) asamblate nedemontabil la partea superioara pentru intrare faza organica,la partea inferioara pentru intrare apa distilata si azotati izotopici produsi de fisiune din decantoare separatoare gravitationale de faze(9),la amestecarea energica amestecul heterogen este pompat radial de agitatoare turbina(10) in decantoare(9) prin conducte circulare(8c) asamblate nedemontabil la partea de mijloc intre amestecatoare(8),decantoare(9) pe cinci rinduri,fiecare decantor(9) poseda conducta cu robinet/vana(9a) asamblata nedemontabil la partea inferioara pentru colectare solutie apoasa de azotati izotopici produsi de fisiune intr-un decantor colector(9) ce poseda o conducta cu robinet/vana(9b) asamblata nedemontabil la partea inferioara pentru evacuare gravitationala solutie apoasa in vaporizator(37) al modul distilator(J) si in continuare,acest decantor colector(9) poseda rotor turbina(12) pentru pompare faza organica de complexi purificati ai azotatilor izotopici U(VI),Pu(IV) cu tributilfosfat in modul reactor(D) iar acest rotor(12) are aceleasi componente materiale functionale ca rotor turbina(7).

9. Reactor chimic nuclear reprocesor izotopic,conform revendicarii 1,2, **caracterizat prin aceea ca**,acest modul(D) reactor reextractor azotati izotopici Pu(III) si extractor complexi azotati izotopici U(VI) cu tributil fosfat in dodecan solvent este format din 8 unitati transfer de masa in jurul modulului reactor(A) cu reactie chimica de reducere a azotatilor de Pu(IV) la azotati izotopici Pu(III) cu reactant reductor,reeextractie in solutie apoasa si extractie complexi azotati izotopici U(VI) cu tributilfosfat in contracurent de faze lichid-lichid,fiecare unitate de transfer este formata din amestecator cubic de faze(13) si decantor cubic separator gravitacional de faze(14) in care azotatii izotopici Pu(III) sunt reextrasi in solutia apoasa de acid azotic,azotatii izotopici U(VI) sunt complexati si extrasi in faza organica si in fiecare amestecator de faze(13) este asamblat demontabil un agitator turbina(15) cu rol si componente asemanatoare agitator(5),actionat in rotatie de mijloc tehnic(16) si aceste amestecatoare(13) contin conducte circulare(13a),(13b) asamblate nedemontabil la partea superioara pentru intrare faza organica,la partea inferioara pentru intrare solutie apoasa azotica de azotati izotopici Pu(III) reextrasi,reducatori chimici din decantoare separatoare de faze(14),la amestecarea energica amestecul heterogen format este pompat radial de agitatoare turbina(15) in decantoare(14) prin conducte circulare(13c) asamblate nedemontabil la partea de mijloc intre amestecatoare(13), decantoare(14) pe cinci rinduri,fiecare decantor(14) poseda conducta cu robinet/vana(14a) asamblata nedemontabil la partea inferioara pentru colectare faze separate intr-un decantor colector(14) care poseda rotor turbina(17) pentru pompare ascendenta verticala a fazei solutie apoasa azotica de azotati

izotopici Pu(III),reducator chimic in modul reactor(G) si pompare ascendenta verticala a fazei organice de azotati izotopici U(VI) cu tributilfosfat in modul reextractor(E) iar rotor(17) are aceleasi componente materiale functionale ca rotor turbina(7).

- 10.**Reactor chimic nuclear reprocesor izotopic,conform revendicarii 1, **caracterizat prin aceea ca**,acest modul reextractor(E) azotati izotopici U(VI) din faza organica in apa distilata este format din 4 unitati de transfer de masa in contracurent de faze lichid-lichid in jurul modulului reactor(A),fiecare unitate de transfer este formata din amestecator cubic de faze(18) si decantor cubic separator gravitational de faze(19) in care azotatii izotopici de U(VI) sunt separati total de faza organica si in fiecare amestecator de faze(18) este asamblat demontabil un agitator turbina(20) cu rol si componente asemanatoare agitator(5),actionat in rotatie de mijloc tehnic(21) si aceste amestecatoare(18) contin conducte circulare(18a),(18b) asamblate nedemontabil la partea superioara pentru intrare faza organica,la partea inferioara pentru intrare apa distilata din decantoare separatoare gravitationale de faze(19),la amestecarea energica amestecul heterogen format este pompat radial de agitatoare turbina(20) in decantoare(19) prin conducte circulare(18c) asamblate nedemontabil la partea de mijloc intre amestecatoare(18), decantoare(19) pe cinci rinduri,fiecare decantor(19) poseda conducta cu robinet/vana(19a) asamblata nedemontabil la partea inferioara pentru colectare faze separate intr-un decantor colector(19) ce poseda la partea inferioara o conducta circulara cu robinet/vana(19b) pentru evacuare descendenta gravitationala a solutiei apoase azotice de azotati izotopici U(VI) in modul(F) reactor cristalizor precum si o conducta circulara cu robinet/vana(19c) pentru evacuare descendenta gravitationala a fazei organice tributilfosfat cu dodecan solvent in modul(B) pentru reprocesare izotopica prin recirculare.
- 11.**Reactor chimic nuclear reprocesor izotopic,conform revendicarii 1, **caracterizat prin aceea ca**, in acest modul(F) reactor generator oxalati izotopici de U(VI) prin reactia chimica a azotatilor izotopici de U(VI) cu acid oxalic reactant si cristalizarea oxalatilor izotopici prin vaporizarea in vid a apei si acidului azotic produs de reactie,cu manta termica cilindrica de incalzire la temperatura de proces,este asamblat demontabil un rotor cilindric(22) de recirculare ascendenta si descendenta elicoidal a solutiei apoase azotice de azotati si oxalati izotopici U(VI),actionat in rotatie de mijloc tehnic(23), rotor(22) format din ax rotor(22a) pe care sunt asamblate nedemontabil patru rinduri a opt palete turbina(22b) inclinate ascendent sub unghiuri 30...45 grade fata de orizontala,in interiorul unei tubulaturi cilindrice verticale(22c) pentru pomparea ascendenta verticala a masei radiochimice de reactie, ejectarea acesteia prin patru orificii dreptunghiulare(22d) la partea superioara a tubulaturii(22c) urmind curgerea descendenta elicoidala pe suprafata de transfer termic a reactorului(F),efectuata de patru palete dreptunghiulare

*Acim*

verticale(22e) asamblate nedemontabil pe circumferinta exterioara a tubulaturii(22c) sub unghi de 90 grade,recircularea continua la vaporizarea completa a apei,acidului azotic,vapori ce urca ascendent prin conducta de vapori(42c) si condenseaza in bazin condensator(42f) al modulului distilator(J) iar acest modul reactor(F) poseda in interior la partea inferioara un colector cilindric(24) pentru a introduce in proces reactant solid acid oxalic si stocare periodica a oxalatilor izotopici de U(VI) cristalizati.

12.Reactor chimic nuclear reprocesor izotopic,conform revendicarii 2, **caracterizat prin aceea ca**,acest modul(G) reactor extractor complexi azotati izotopici Pu(IV) cu rol functional reactie de oxidare azotati izotopici Pu(III) la azotati izotopici Pu(IV) cu reactant oxidant,complexarea azotatilor Pu(IV) si extractia in faza organica trioctilamina cu dodecan solvent,este format din 8 unitati transfer de masa in contracurent de faze lichid-lichid,in jurul modulului reactor(A) si fiecare unitate de transfer este formata din amestecator cubic de faze(25) cu reactie de oxidare si complexare si decantor cubic separator gravitational de faze(26) in care complexii azotati izotopici Pu(IV) sunt extrasi total in faza organica si in fiecare amestecator de faze(25) este asamblat demontabil un agitator turbina(27) cu rol si componente asemanatoare agitator(5),actionat in rotatie de mijloc tehnic(28) si aceste amestecatoare(25) contin conducte circulare(25a),(25b) asamblate nedemontabil la partea superioara pentru intrare faza organica,la partea inferioara pentru intrare faza solutie apoasa azotica oxidanta a azotatilor izotopici Pu(III),Pu(IV) din decantoare separatoare de faze(26),la amestecare energica amestecul heterogen format este pompat radial de agitatoare turbina(27) in decantoare(26) prin conducte circulare(25c) asamblate nedemontabil la partea de mijloc intre amestecatoare(25),decantoare(26)pe cinci rinduri,fiecare decantor(26) poseda conducta cu robinet/vana(26a) asamblata nedemontabil la partea inferioara pentru colectare solutie apoasa azotica reziduala intr-un decantor colector(26) ce poseda o conducta cu robinet/vana(9b) comuna cu modul(C) asamblata nedemontabil la partea inferioara pentru evacuare solutie apoasa in vaporizator(37) al modulului distilator(J) si in continuare,acest decantor colector(26) poseda un rotor turbina(29) pentru pompare faza organica de complexi purificati ai azotatilor izotopici Pu(IV) cu trioctilamina in modul reextractor(H) iar acest rotor(29) are aceleasi componente materiale, functionale ca rotor turbina(7).

13.Reactor chimic nuclear reprocesor izotopic,conform revendicarii 2, **caracterizat prin aceea ca**, acest modul reextractor(H) azotati izotopici Pu(IV) din faza organica in solutie apoasa azotica este format din 4 unitati transfer de masa in contracurent de faze lichid-lichid in jurul modulului reactor(A),fiecare unitate de transfer este formata din amestecator cubic de faze(30) si decantor cubic separator gravitational de faze(31) in care azotatii izotopici Pu(IV) sunt separati total de faza organica si in fiecare amestecator

de faze(30) este asamblat demontabil un agitator turbina(32) cu rol si componente asemanatoare agitator(5),actionat in rotatie de mijloc tehnic(33) si aceste amestecatoare(30) contin conducte circulare(30a),(30b) asamblate nedemontabil la partea superioara pentru intrare faza organica,la partea inferioara pentru intrare faza solutie apoasa azotica de azotati izotopici Pu(IV) din decantoare separatoare gravitationale(31),la amestecarea energica amestecul heterogen format este pompat radial de agitatoare turbina(32) in decantoare(31) prin conducte circulare(30c) asamblate nedemontabil la partea de mijloc intre amestecatoare(30) si decantoare(31) pe cinci rinduri,fiecare decantor(31) poseda conducta cu robinet/vana(31a) asamblata nedemontabil la partea inferioara pentru colectare faze separate intr-un decantor colector(31) ce poseda la partea inferioara,o conducta circulara cu robinet/vana(31b) pentru evacuare descendenta gravitationala a solutiei apoase azotice de azotati izotopici Pu(IV) in modul(I) reactor cristalizor precum si o conducta circulara cu robinet/vana(31c) pentru evacuare descendenta gravitationala a fazei organice trioctilamina cu dodecan solvent in modul(G) pentru reprocesare izotopica prin recirculare.

- 14.**Reactor chimic nuclear reprocesor izotopic,conform revendicarii 2, **caracterizat prin aceea ca**, in acest modul(I) reactor generator oxalati izotopici de Pu(IV) prin reactia chimica a azotatilor izotopici Pu(IV) cu acid oxalic reactant si cristalizarea oxalatilor prin vaporizarea in vid a apei,acidului azotic produs de reactie,cu manta termica cilindrica de incalzire a masei radiochimice de reactie la temperatura de proces,este asamblat demontabil un rotor cilindric(34) de recirculare ascendenta si descendenta elicoidal a solutiei apoase azotice de azotati,oxalati izotopici Pu(IV),actionat in rotatie de mijloc tehnic(35),rotor(34) format din ax rotor(34a) pe care sunt asamblate nedemontabil opt palete turbina(34b) inclinate ascendent sub unghiuri 30...45 grade fata de orizontala,in interiorul unei tubulaturi cilindrice verticale(34c) pentru pomparea ascendenta verticala a masei radiochimice de reactie,ejectarea acesteia prin patru orificii dreptunghiulare(34d) la partea superioara a tubulaturii(34c) urmind curgerea descendenta elicoidala pe suprafata interioara de transfer termic a reactorului(I),efectuata de patru palete dreptunghiulare verticale(34e) asamblate nedemontabil pe circumferinta exterioara a tubulaturii(34c) sub unghiuri de 90 grade,recircularea continua la vaporizarea completa a apei,acidului azotic,vapori ce urca ascendent prin conducta de vapori(42b) si condensarea in bazin condensator(42f) al modulului distilator(J) iar acest modul reactor(I) poseda in interior la partea inferioara un colector cilindric(36) pentru a introduce in proces reactant solid acid oxalic si stocare periodica a oxalatilor izotopici Pu(IV) cristalizati.
- 15.**Reactor chimic nuclear reprocesor izotopic,conform revendicarii 1,2, **caracterizat prin aceea ca**,acest modul distilator(J) poseda un vaporizator(37) cilindro-paralelipipedic vartical cu manta termica de incalzire

*Armas*

pentru vaporizarea in vid a apei si acidului azotic,concentrarea solutiei azotice,separarea sarurilor radioactive metalice,vaporizator(37) in care este asamblat demontabil un rotor cilindric vertical(38) actionat in rotatie de mijloc tehnic(40) pentru recirculatie ascendent-descendentă elicoidal a solutiei apoase azotice de saruri radioactive,format din ax rotor(38a) pe care sunt asamblate nedemontabil opt palete turbina(38b) inclinate sub unghiuri 30...45 grade fata de orizontala si pe aceste palete(38b) si ax(38a) este asamblata nedemontabil o tubulatura cilindrica verticala(38c) pentru pompare ascendenta verticala a solutiei efectuata de palete(38b) si ejectarea solutiei prin patru orificii dreptunghiulare(38d) distantate sub unghi de 90 grade la partea superioara a tubulaturii(38c) pe circumferinta acesteia si in continuare,acest vaporizator(37) posedă in interior la partea inferioara un colector cilindric(41) cu rol de container pentru saruri radioactive obtinute la reprocesarea izotopica a combustibilului nuclear iradiat precum si un rotor de recirculatie(39) agent termic caloportor prin manta vaporizator(37) si conducte circulare orizontale(37a) intr-un generator termic,rotor(39) actionat in rotatie de mijloc tehnic(40) prin angrenaj cilindric de roti cu curele trapezoidale,este format din ax rotor(39a) pe care sunt asamblate nedemontabil patru palete dreptunghiulare verticale(39b) sub unghi de 90 grade pe ax rotor(39a),cu scop de recirculare continua in plan orizontal prin manta a agentului caloportor.

- 16.Reactor chimic nuclear reprocessor izotopic,conform revendicarii 1,2, caracterizat prin aceea ca,** acest modul distilator(J) posedă un condensator(42) format din camera paralelipipedica de amestec lichid-vapori cu ajutor(42a) ce posedă conducte de vapori apa,acid azotic respectiv conducta circulara(42b) de vapori generati in modul reactor(I),conducta circulara(42c) de vapori generati in modul reactor(F),conducta circulara(42d) de vapori generati in vaporizator(37) si in continuare,acest condensator(42) posedă un ejector cilindro-conic(42e) vertical pentru ejectare solutie apoasa azotica intr-un bazin paralelipipedic condensator(42f) cu manta de racire si rol de recirculare solutie apoasa azotica ca lichid motor cu electropompa(43) prin conducta verticala circulara(44) in camera de amestec cu ajutor(42a), ejector(42e) pentru a efectua depresiune(vid) in module reactori(I),(F), vaporizator(37),rol de concentrare solutie apoasa azotica in vaporizator(37) la recirculare prin conducta circulara cu robinet/vana(42g) si de alimentare modul reactor(A) cu solutie apoasa azotica reactiva prin conductele circulare cu robineti/vane(42h),(1d).

*Handwritten signature*

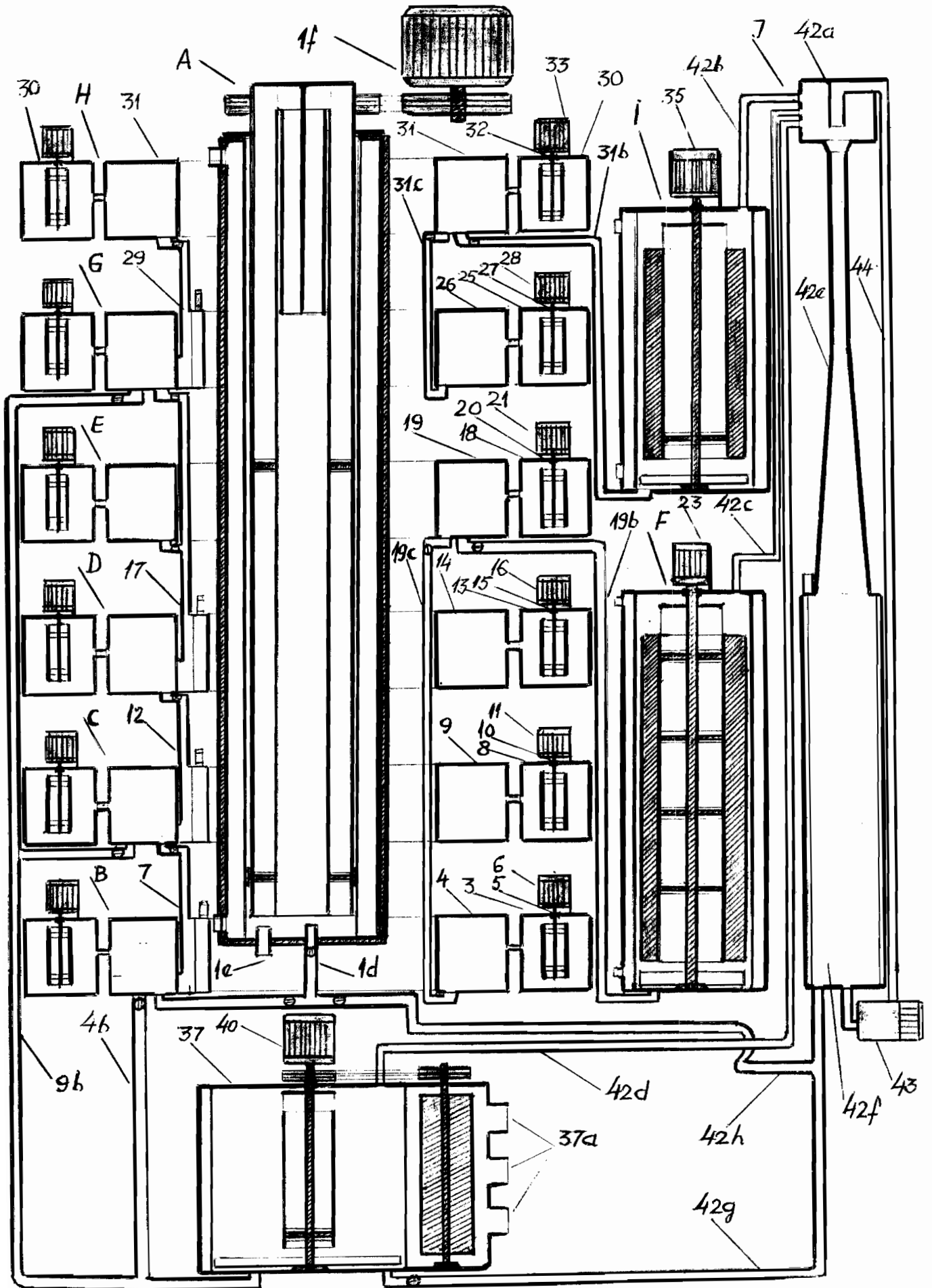


figura 1

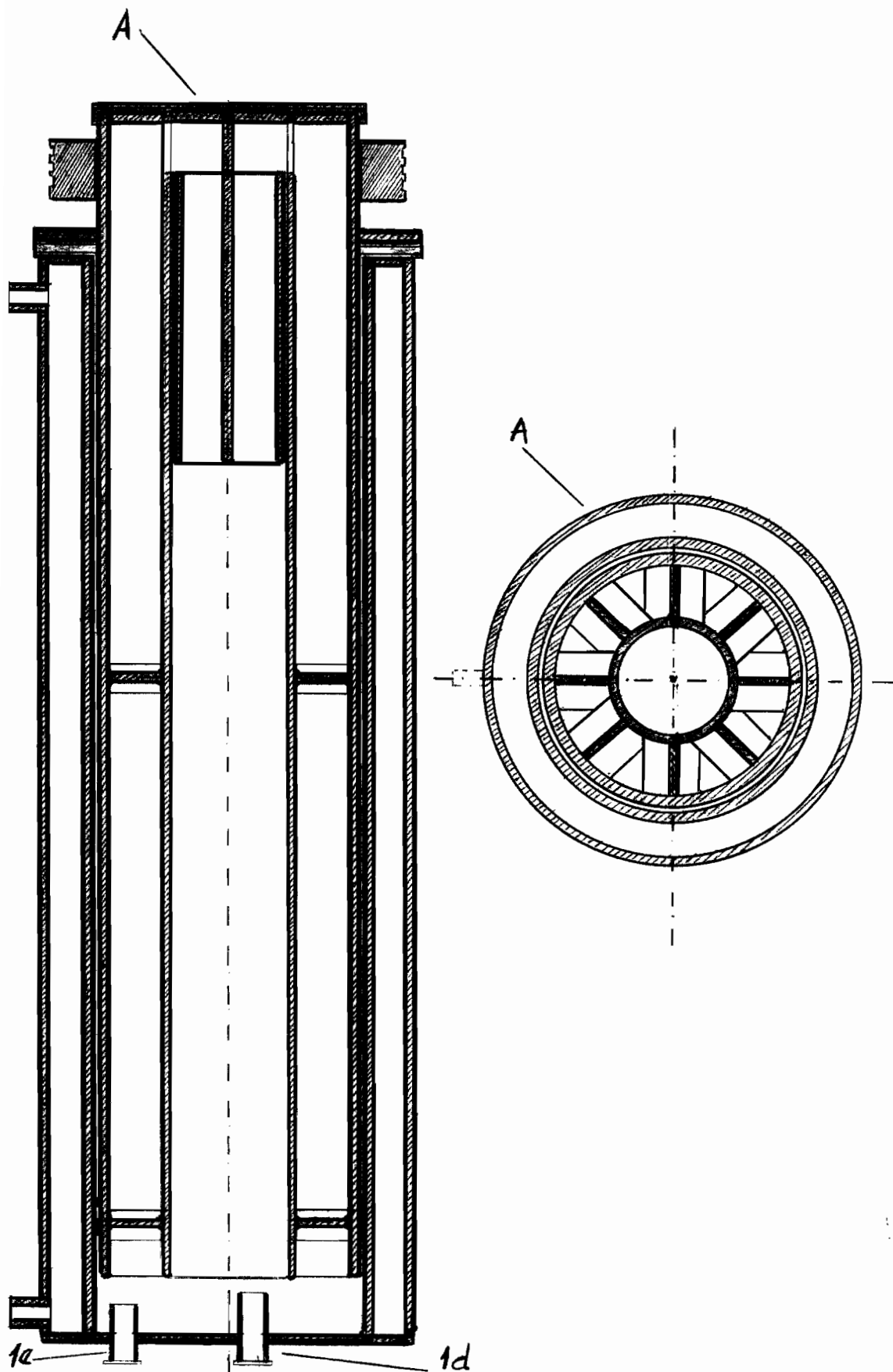


Figura 2

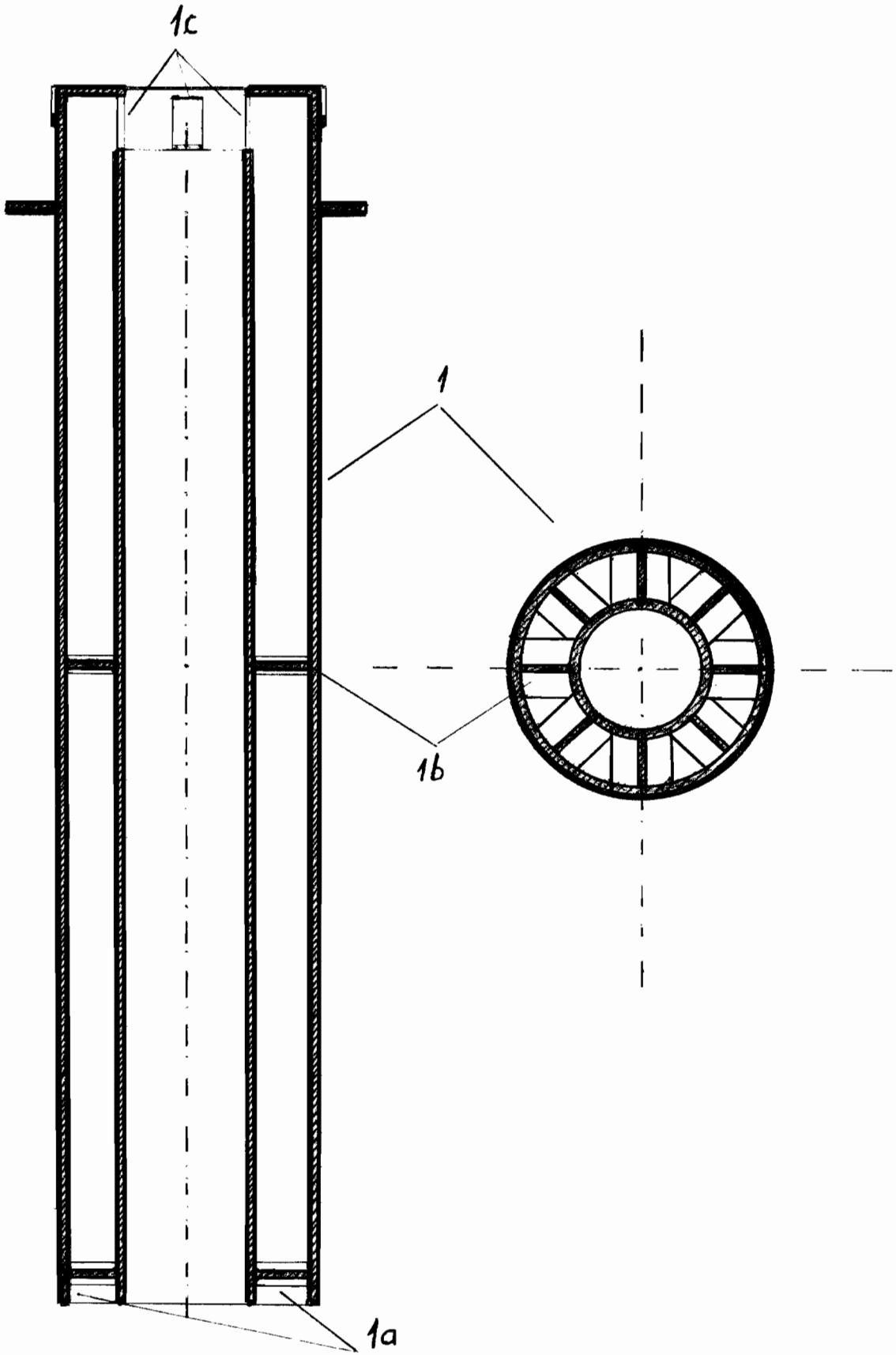


figura 3



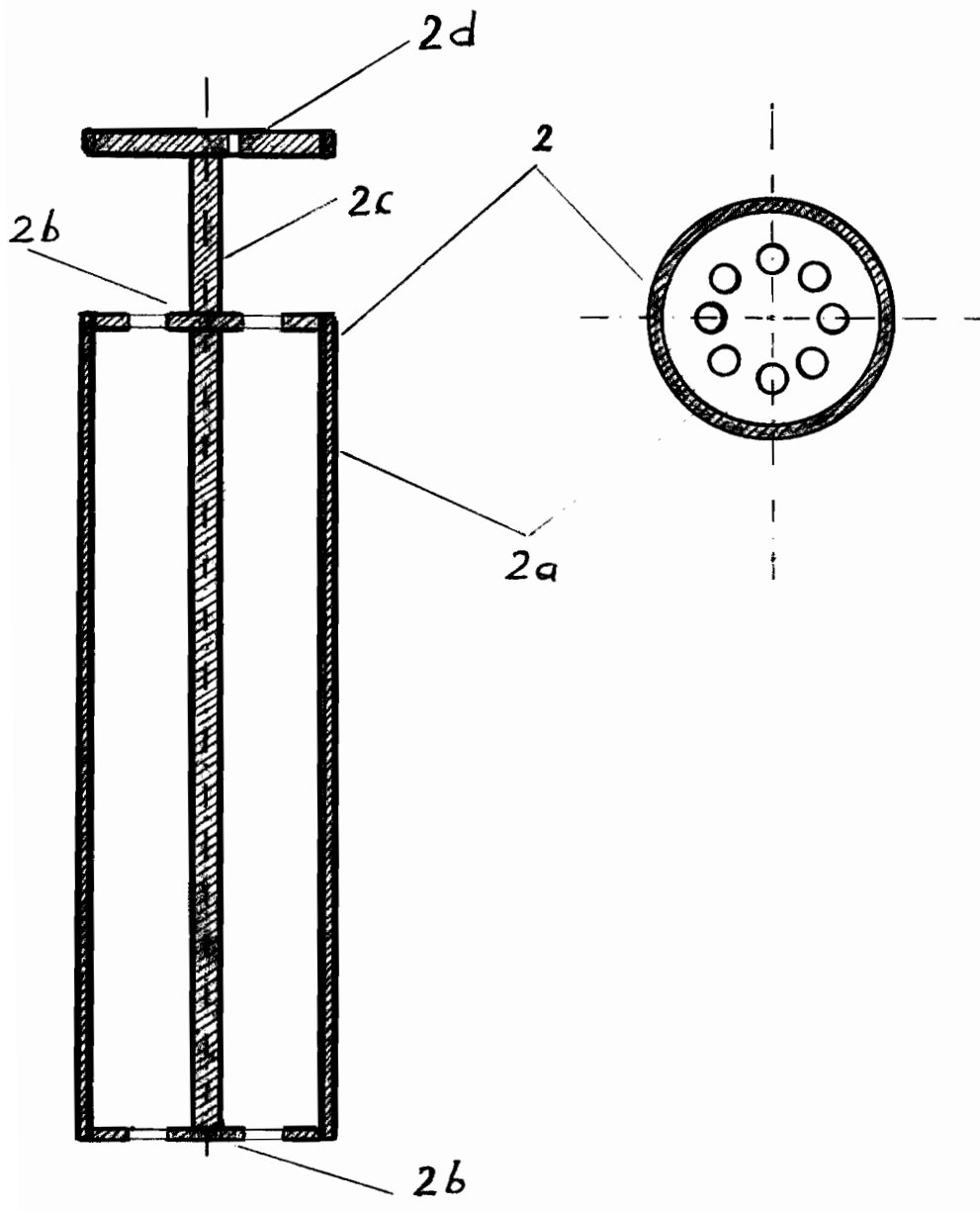


figura 4

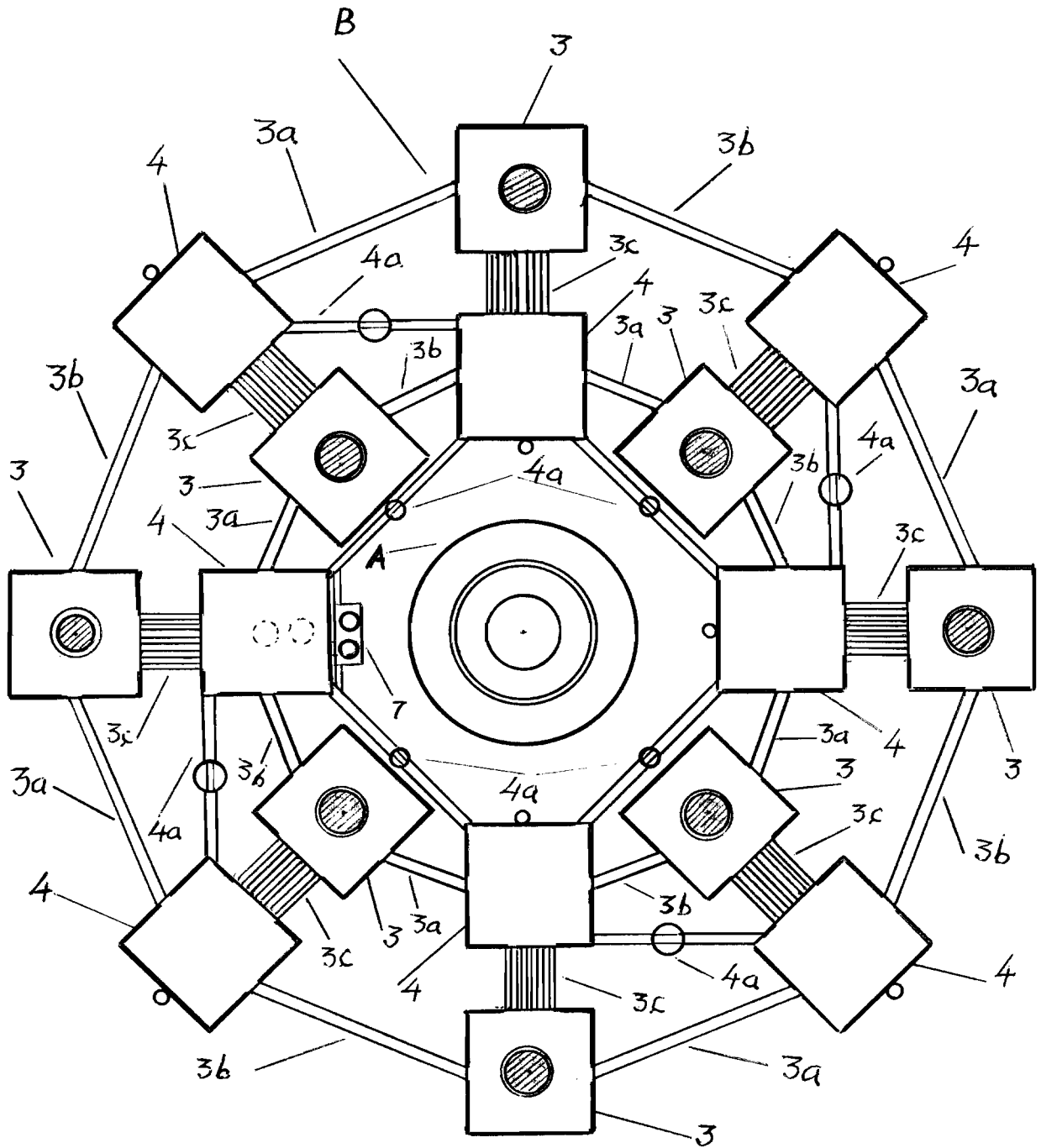


figura 5

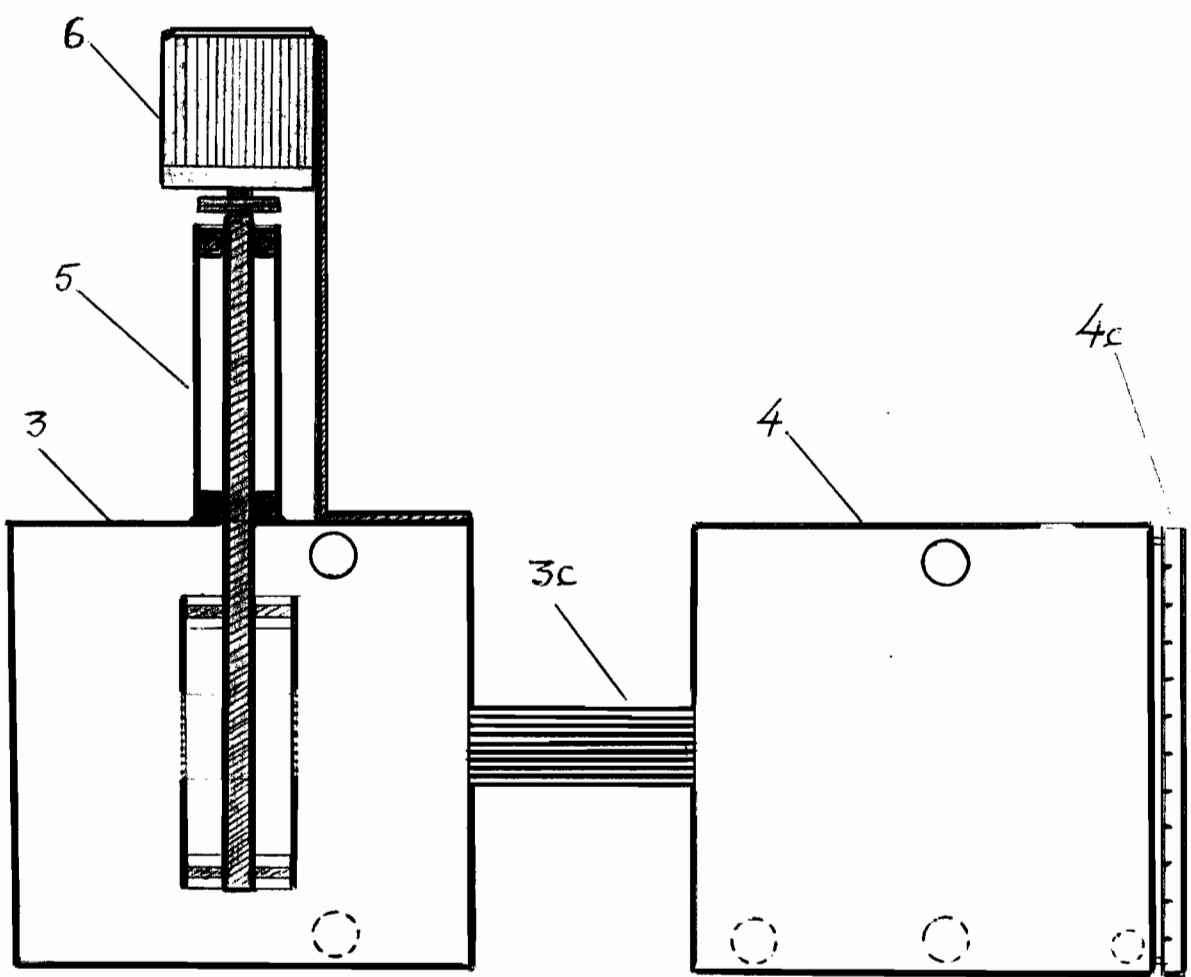


figura 6

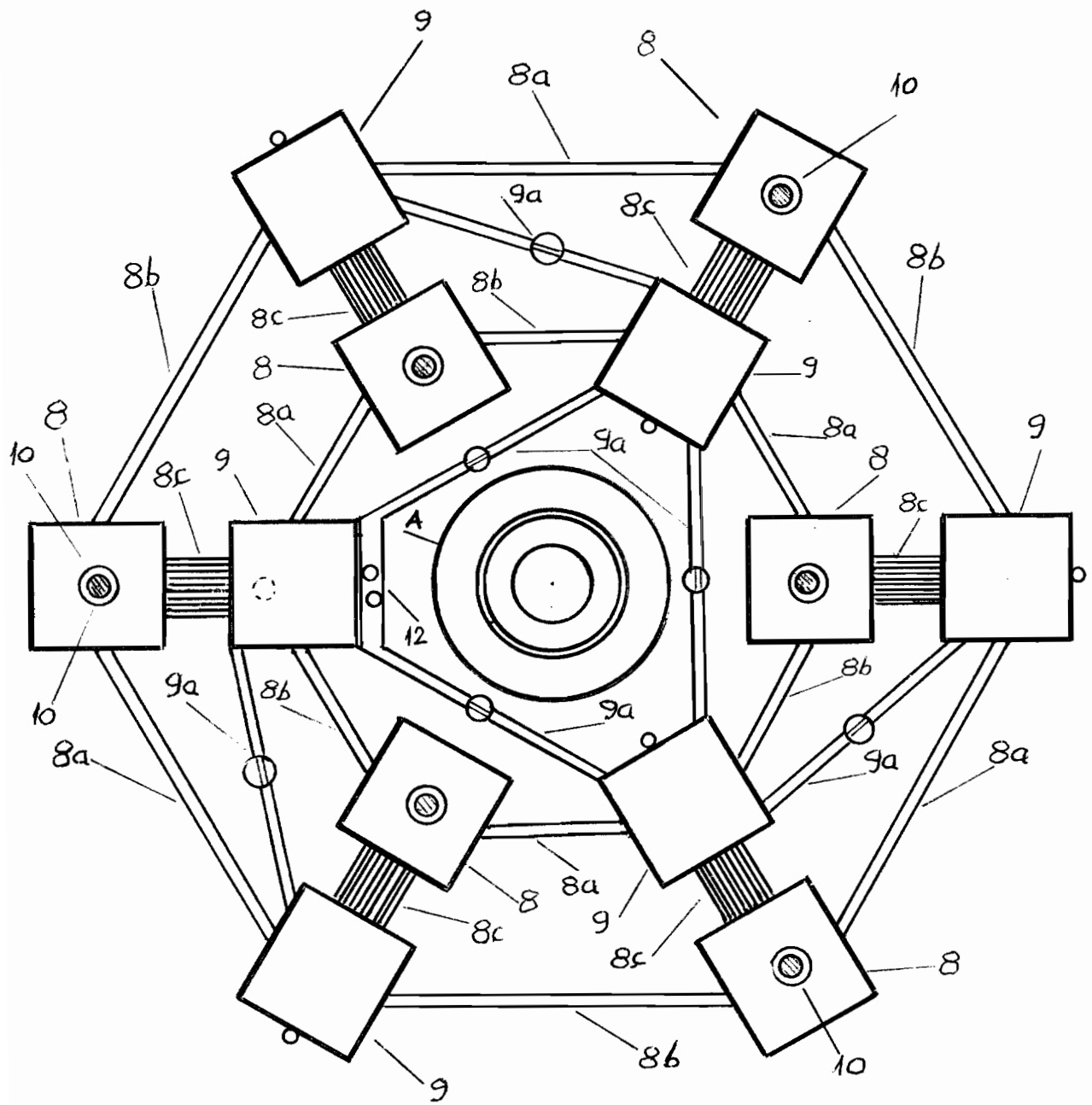


figura 7

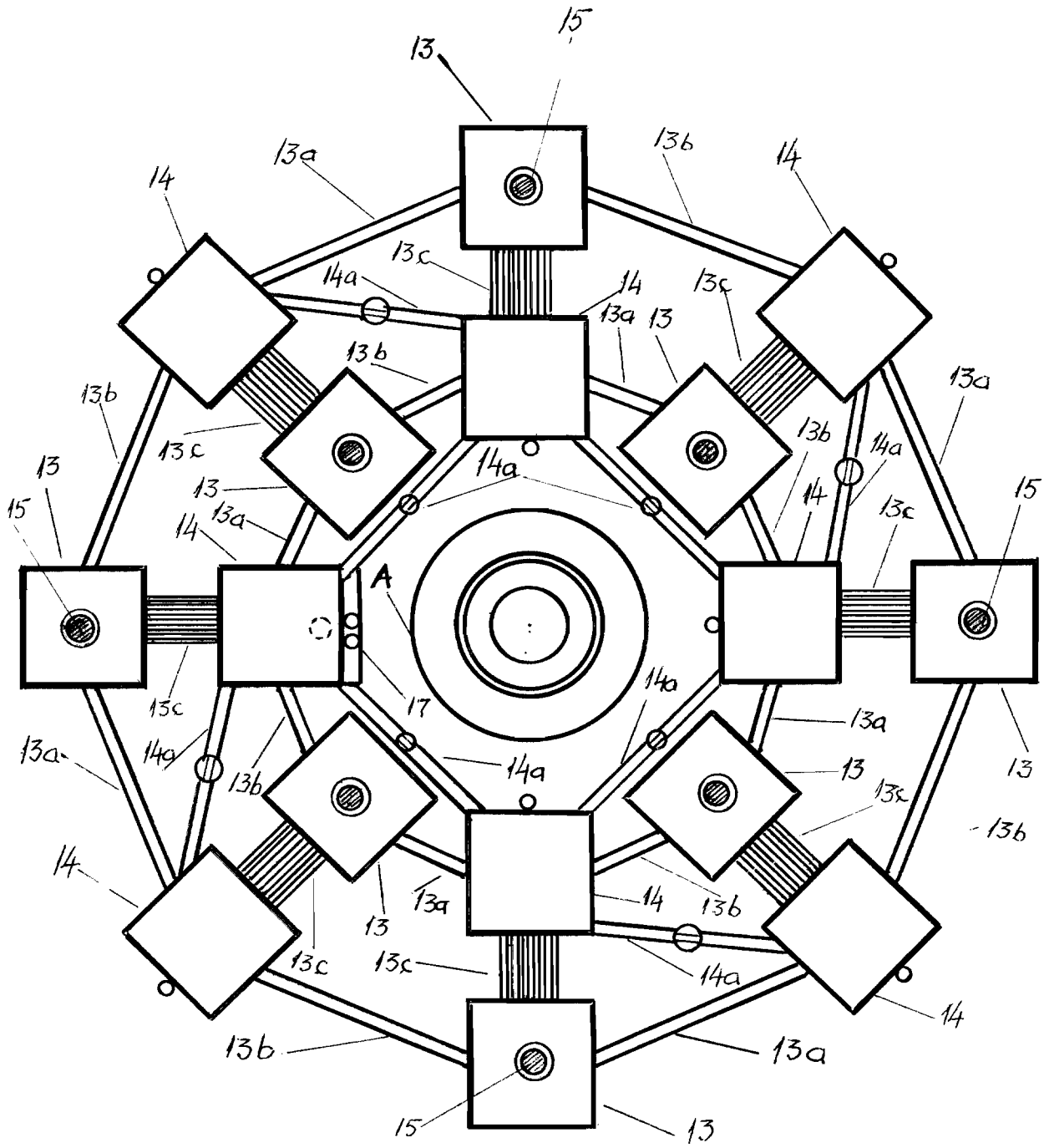


figura 8

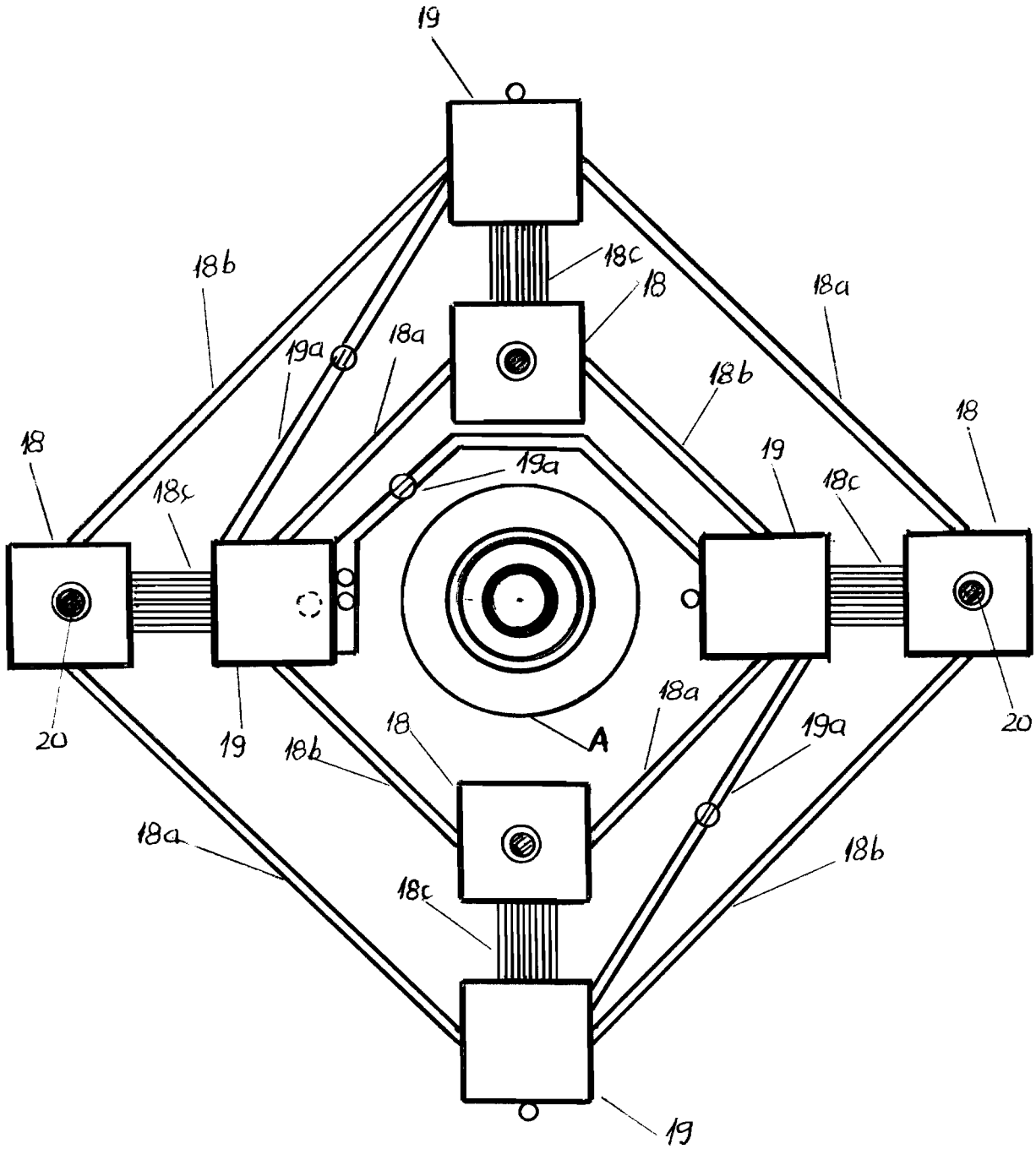


Figura 9

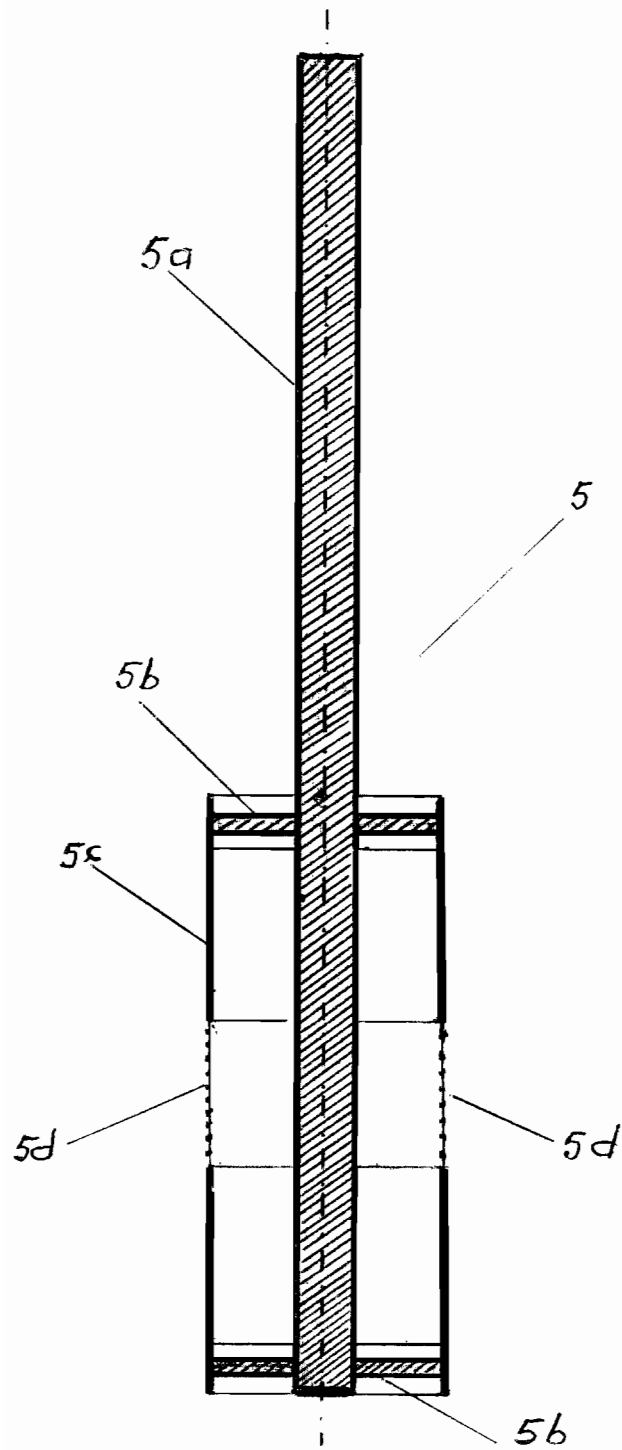


figura 10

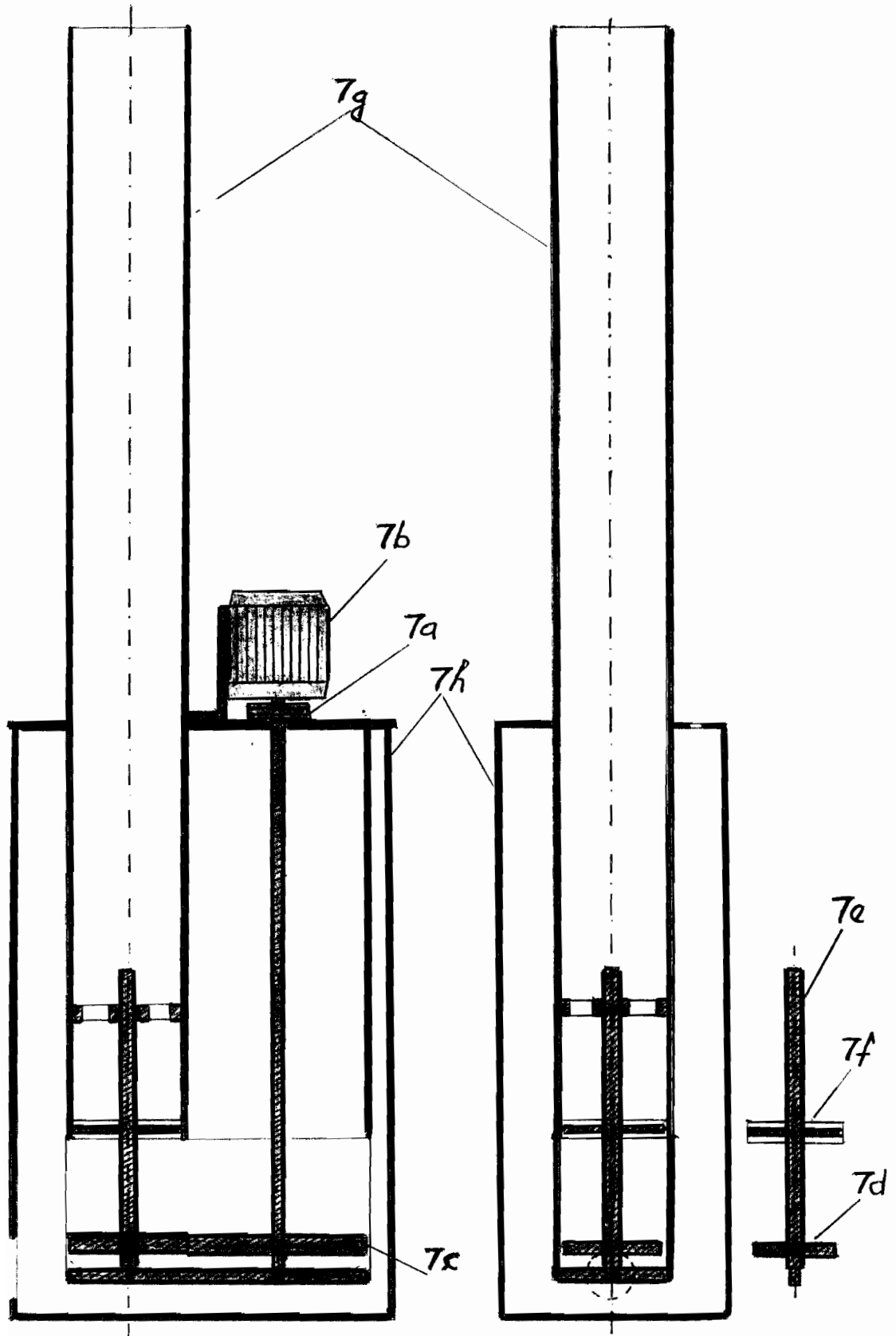


figura 11



M

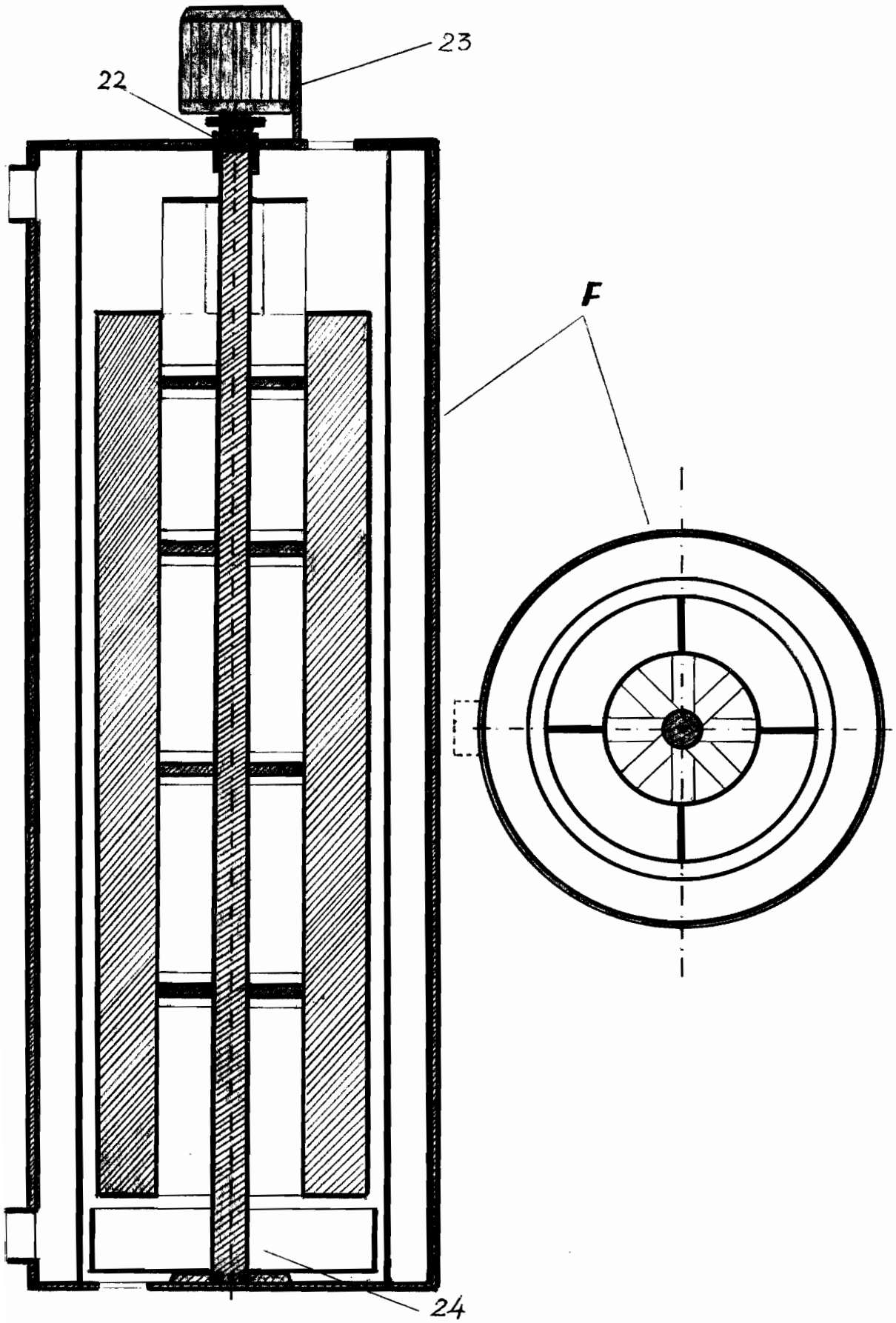


figura 12

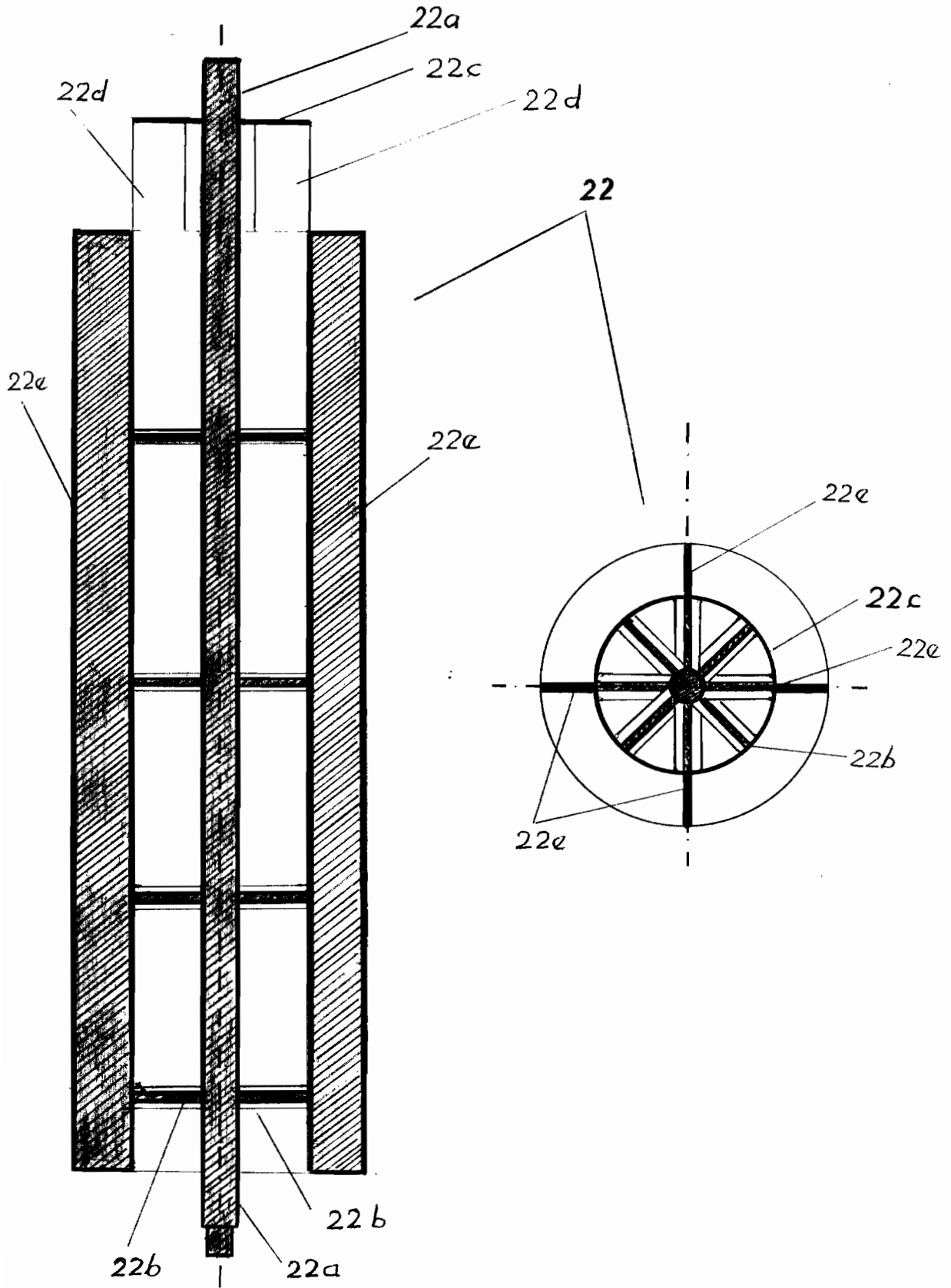


figura 13

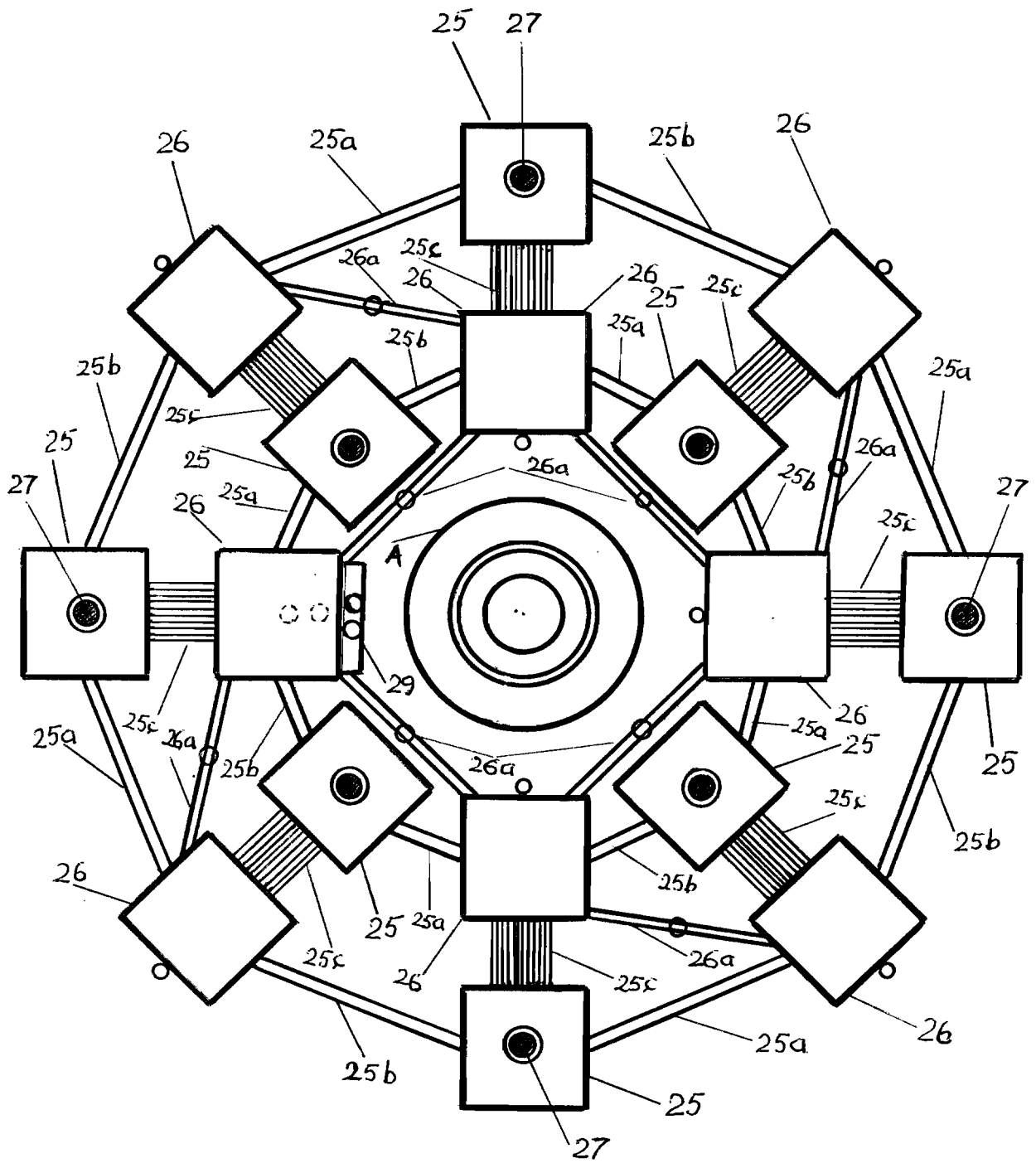


figura 14

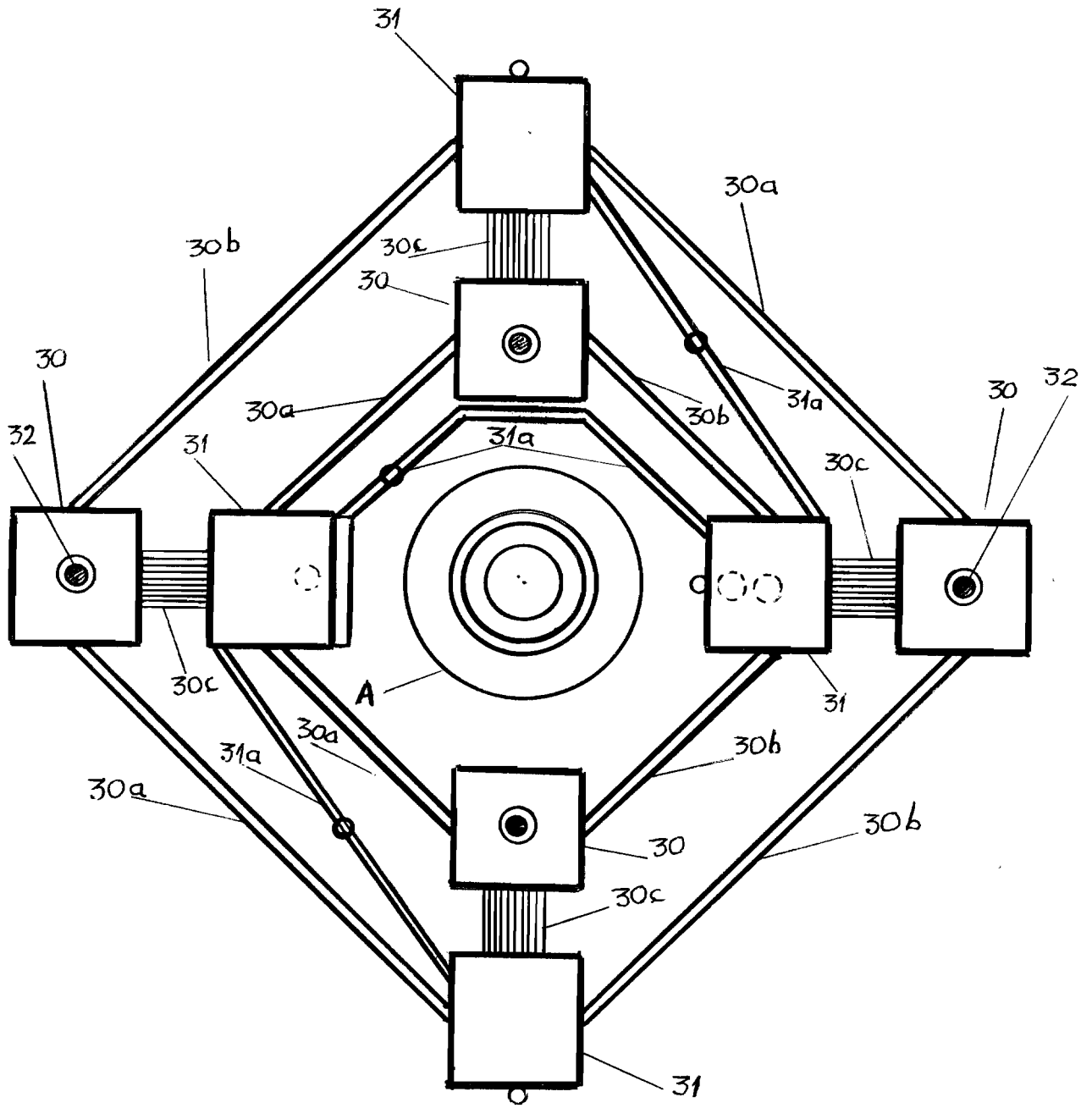


figura 15

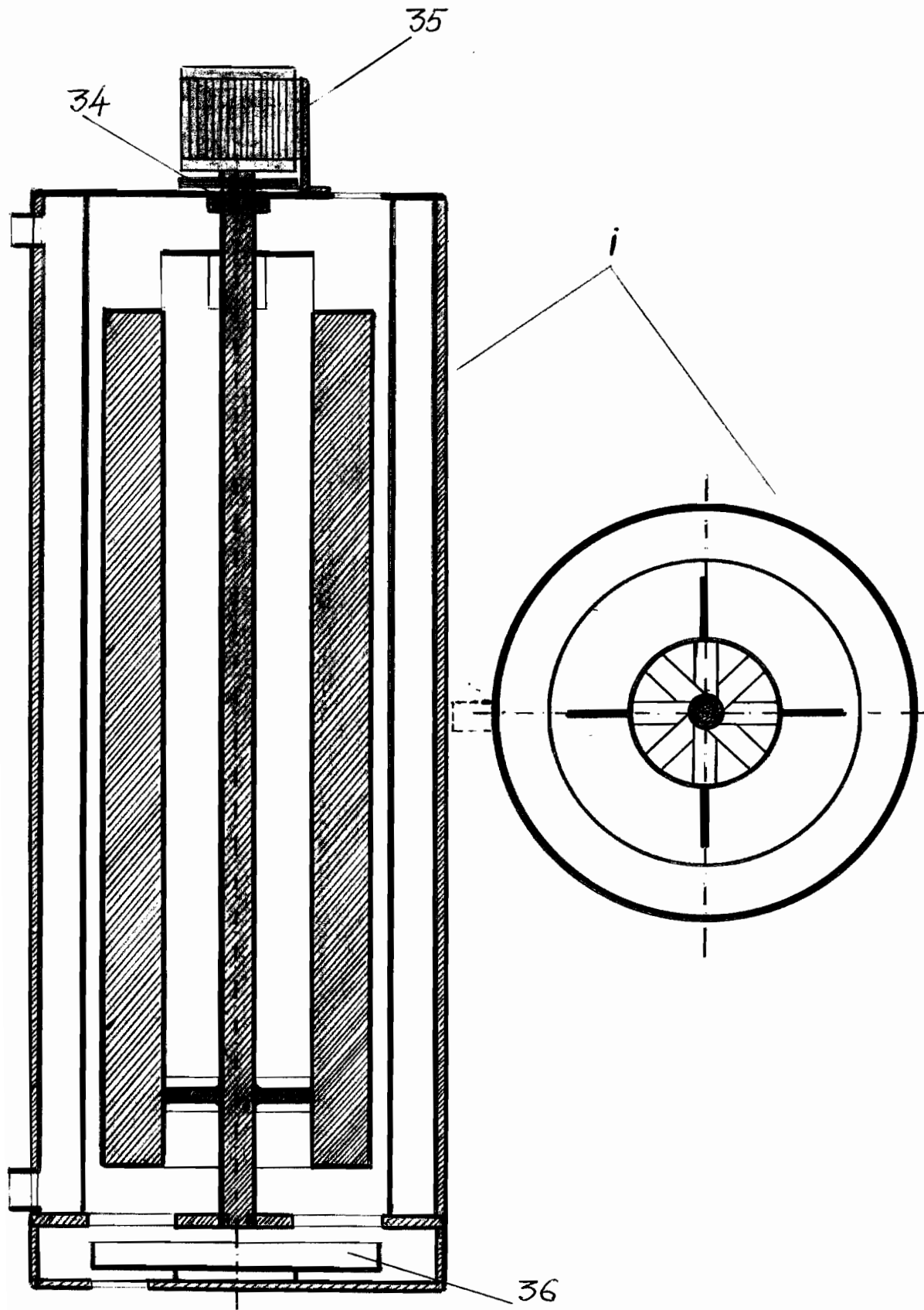


figura 16

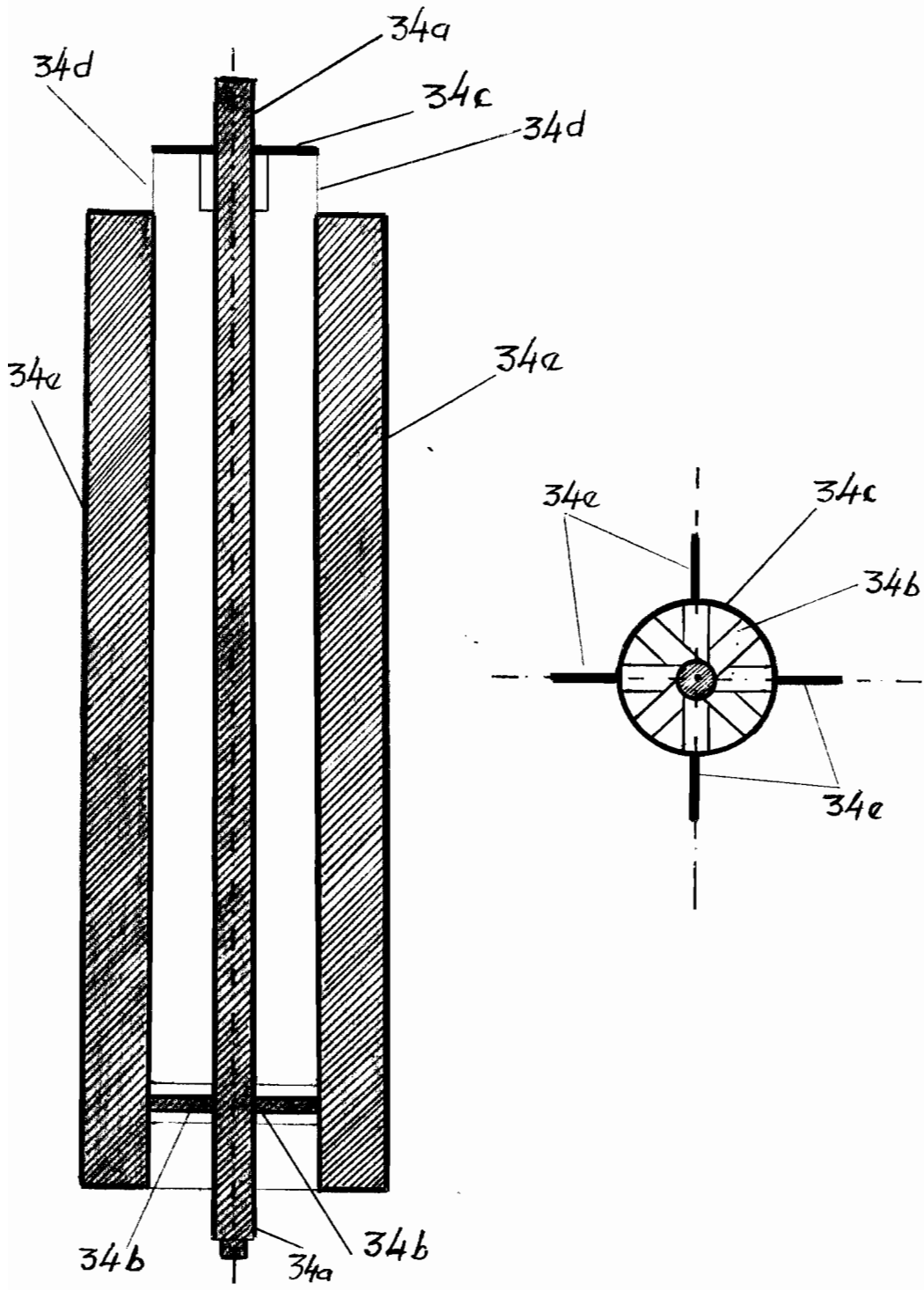


figura 17

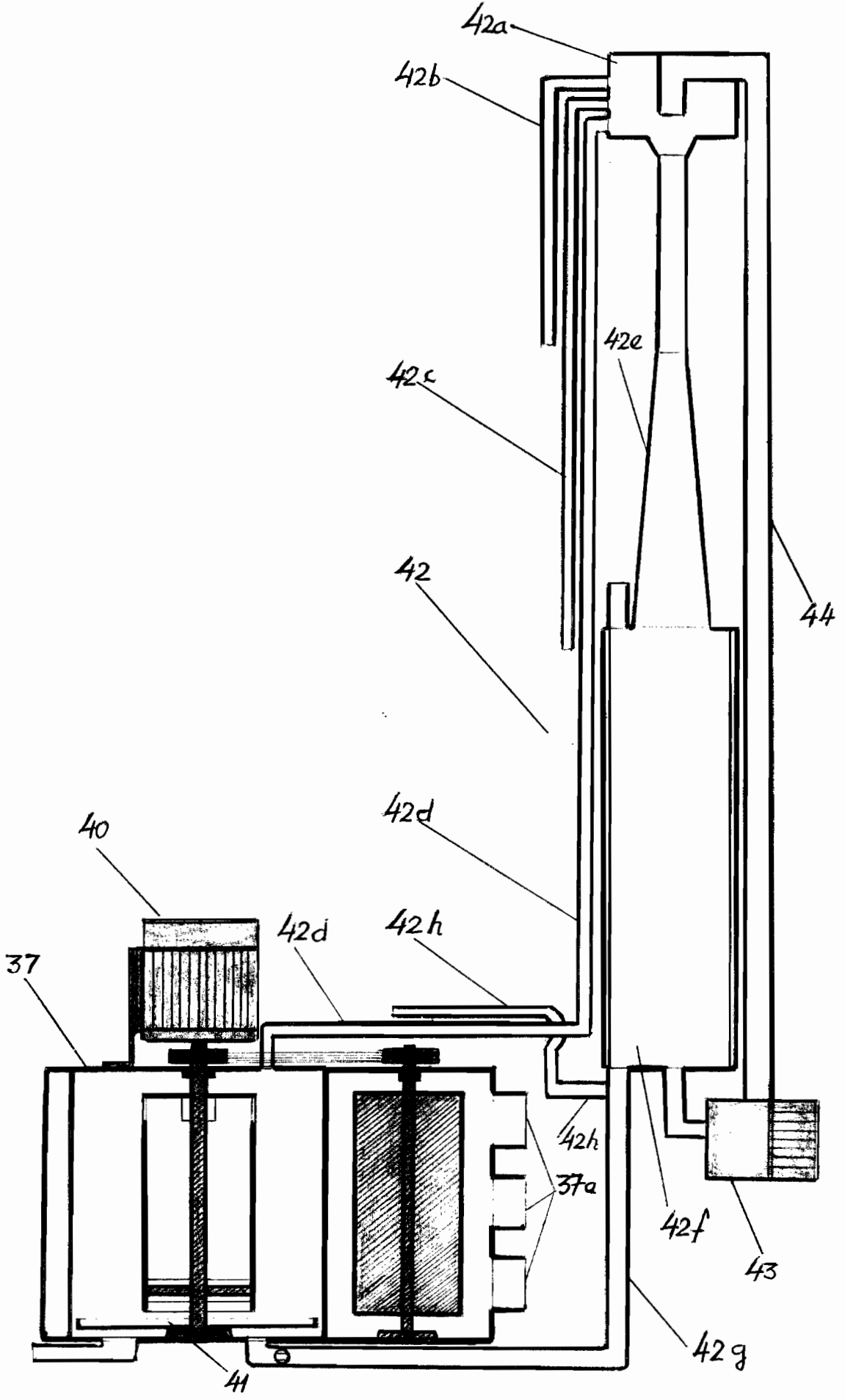


figura 18

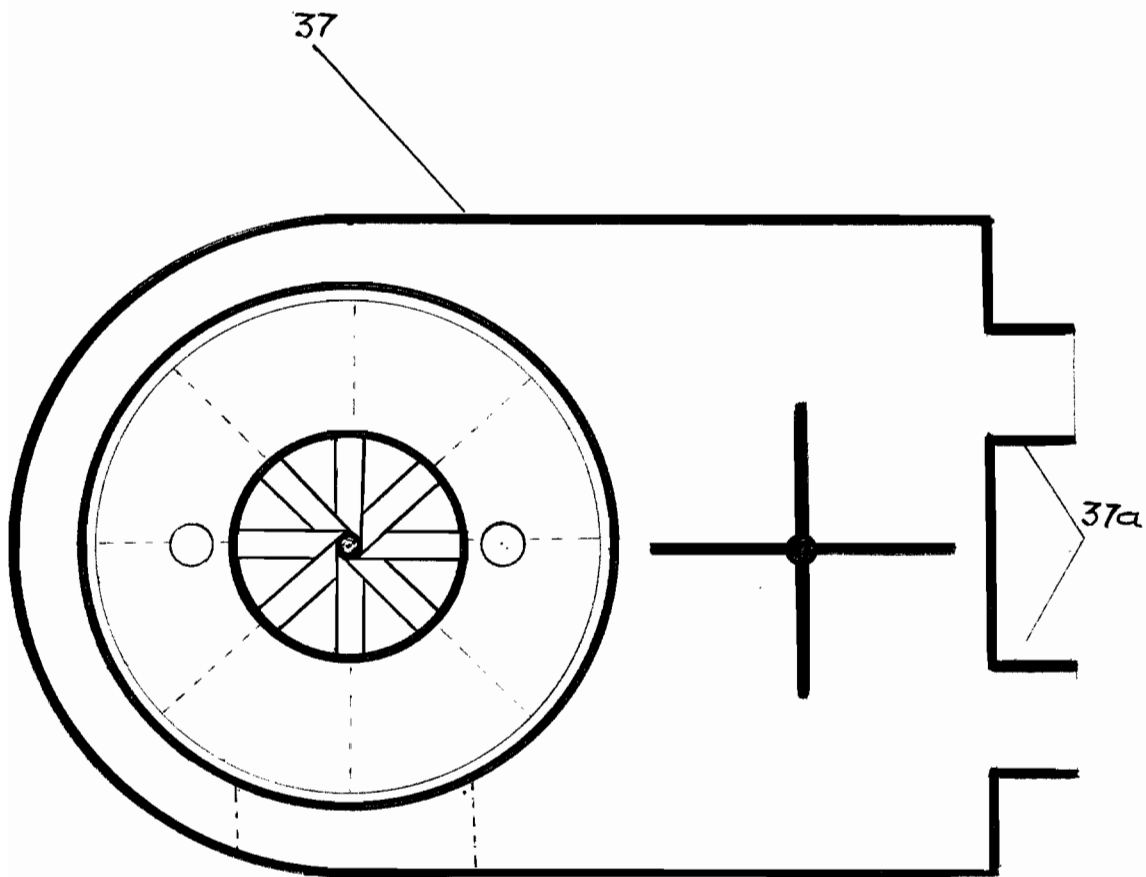


figura 19



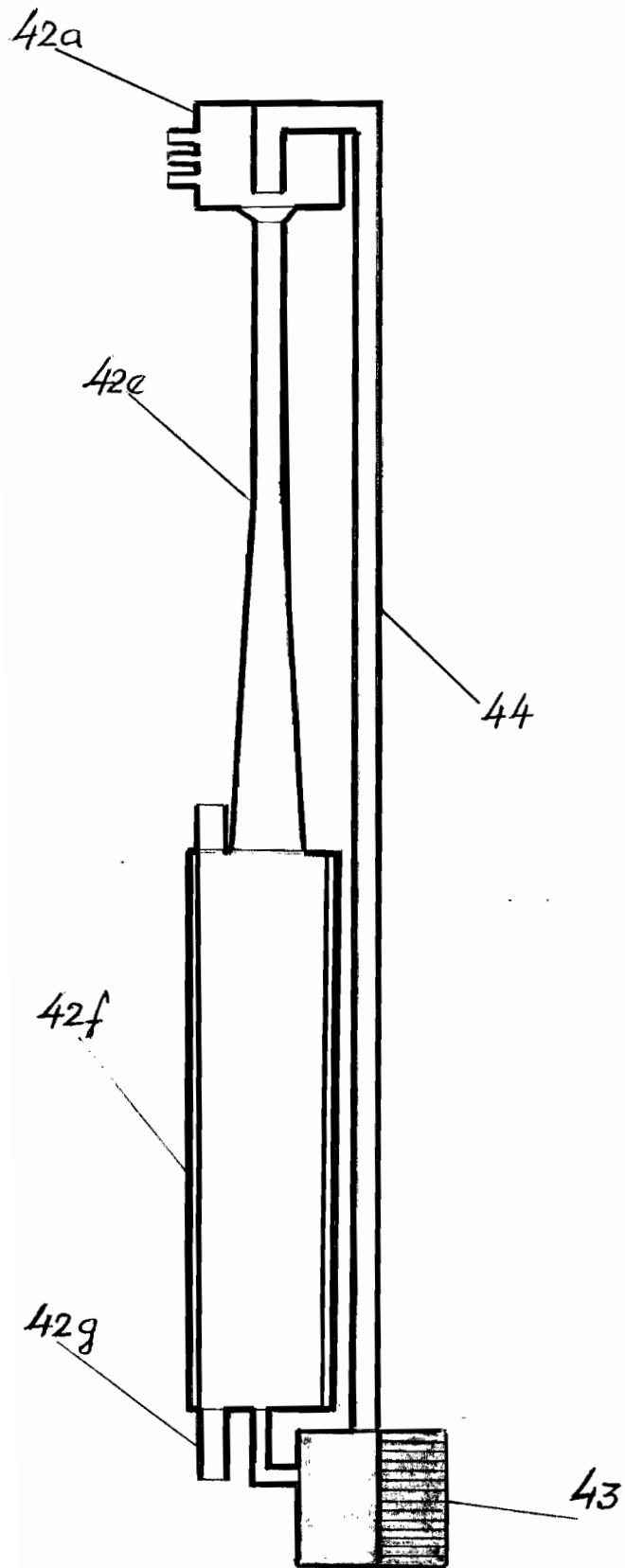


figura 20

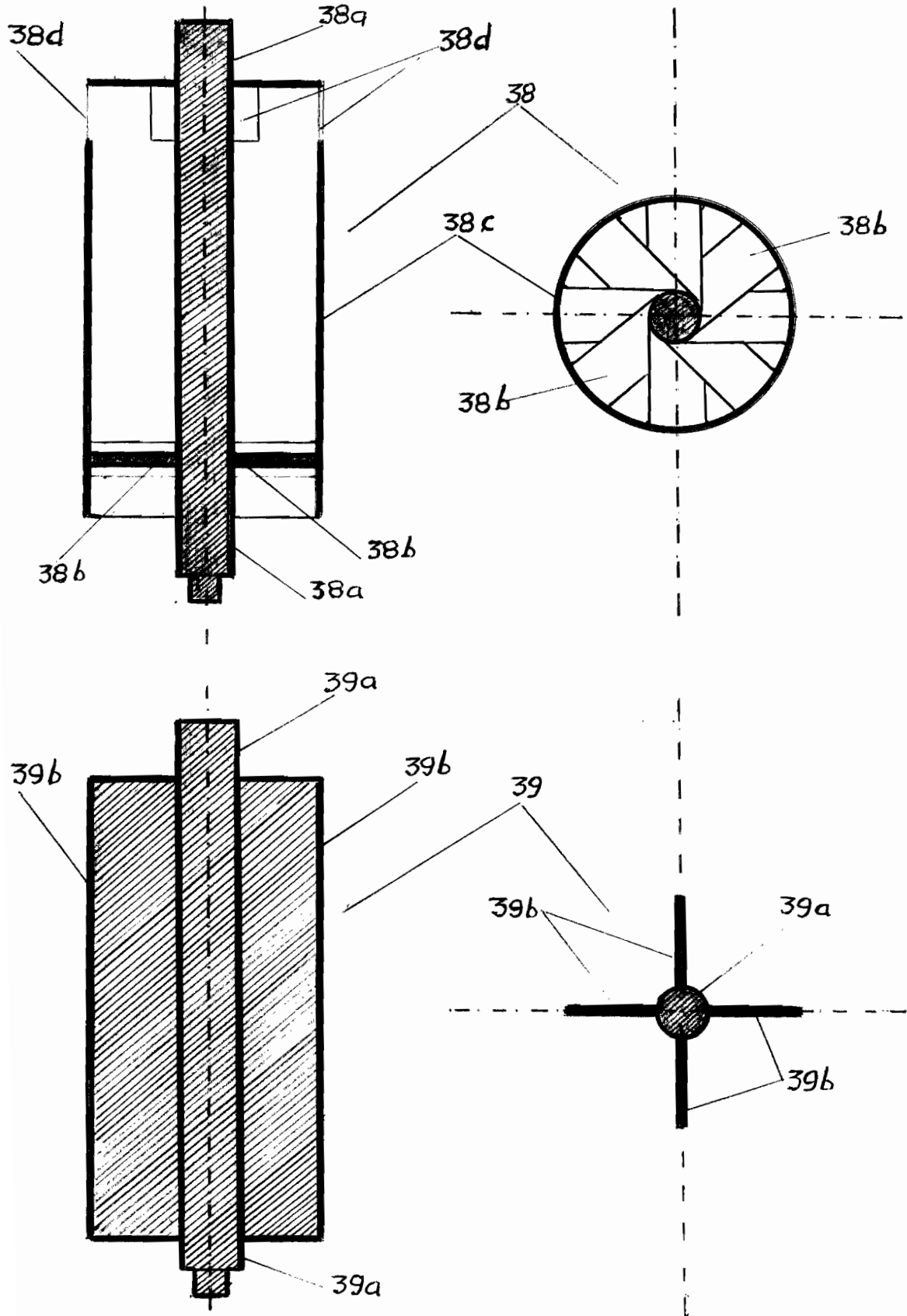


figura 21