



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2014 00722

(22) Data de depozit: 25/09/2014

(41) Data publicării cererii:
30/03/2016 BOPI nr. 3/2016

(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 NUCLEAR SUPRAREGENERATOR IZOTOPIC

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un reactor nuclear supraregenerator izotopic, destinat producției izotopului fisionabil 239-plutoniu și a combustibililor nucleari. Reactorul conform invenției este format dintr-o zonă (R) de reacție compusă din fascicule (1) de elemente combustibile nucleare, un schimbător (2) de căldură axial-radial, un rotor (3) turbină de recirculație internă a agentului caloportor, o tubulatură (4) de aspirație-recirculare agent, un dispozitiv (5) de control reactivitate, un dispozitiv (6) de oprire reactor, în care zona (R) de reacție comunică apoi cu un dispozitiv (7) de încărcare-descărcare fascicule (1) combustibile, un alt schimbător (8) de căldură, exterior, prin intermediul unui alt rotor (9) de recirculație orizontală a agentului caloportor, și cu un absorber (10) izotopic.

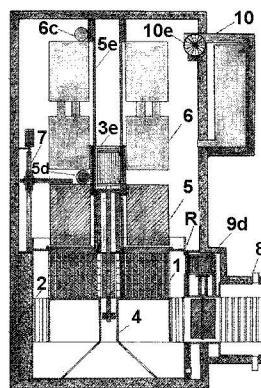


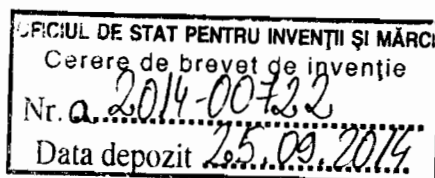
Fig. 1

Revendicări: 12

Figuri: 15

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).





REACTOR NUCLEAR SUPRAREGENERATOR IZOTOPIC

Inventia se refera la un reactor nuclear supraregenerator izotopic sistem heterogen cu recirculatie continua a agentului caloportor, destinat productiei izotopului sintetic fisionabil ^{239}Pu si unei noi generatii de combustibili nucleari.

Sunt cunoscute reactoare nucleare energetice heterogene cu neutroni rapizi tip reproducator ce produc mase mari de izotop ^{239}Pu si izotopi superiori ai acestuia (^{240}Pu , ^{241}Pu , ^{242}Pu) sisteme care utilizeaza izotopul natural fertil ^{238}U si uraniu imbogatit in ^{235}U (10%...20%) sub forma de compusi izotopici oxidici ($^{235}\text{UO}_2$, $^{238}\text{UO}_2$), combustibili intecuiti. Zona de reactie a acestor sisteme este racita cu sodiu metalic lichid topit agent caloportor in recirculare continua prin zona si schimbator de caldura cu ajutorul pompelor centrifugale sau pompelor electromagnetice cu debit mare. Controlul si reglarea reactivitatii se efectueaza cu bare cilindrice de tantal si pentru oprirea reactorului sau in caz de avarie, se utilizeaza bare din carbura de bor intecuita in otel inoxidabil. Principalele dezavantaje ale acestor sisteme de reactori:

- Grad mare de otravire izotopica cu produse de fisiune datorita acumularii izotopilor xenonului, kriptonului, gazosi care micșoreaza reactivitatea si determina umflarea barelor de combustibil nuclear, deteriorarea acestora la un grad ridicat de iradiere;
- Transfer termic de la combustibilul oxidic la agentul caloportor, redus datorita circulatiei cu viteza mica a agentului caloportor.

Scopul inventiei este productia performanta a izotopului sintetic fisionabil ^{239}Pu la un raport de supraregenerare 0,5...0,7 kg ^{239}Pu /kg izotopi fisionabili (^{238}U , ^{239}Pu), izotop necesar unei generatii noi de combustibil nuclear CANDU avansat.

Problema tehnica pe care o rezolva inventia este dimensionarea, proiectarea si constructia unui reactor nuclear supraregenerator ^{239}Pu ca reactor de productie izotopica cu putere termica 115.....145 MW_t in conditii de securitate nucleara si de protectie radiologica a personalului operator si a mediului. Sistemul CANDU in prim stadiu evolutiv este conceput sa

Autos

dureze in secolul 21 pe baza ciclului de uraniu natural. Concomitent cu cresterea puterii nucleare instalate in Romania are loc o scadere a rezervelor de uraniu, fenomen ce va conduce la al doilea stadiu de dezvoltare al reactorului CANDU ce se va caracteriza prin integrarea combustibilului iradiat intr-un sistem complex de reprocesare (C.B.I: A/2013 00272). In al treilea stadiu de dezvoltare al sistemului CANDU, este necesara cercetarea, proiectarea si constructia reactorului supraregenerator izotopic la un raport de supraregenerare $R_s=0,68$ pentru productia $^{239}_{94}\text{Pu}$ destinat combustibilului MOX.

Reactor nuclear supraregenerator izotopic, este format din zona de reactie **R** compusa din fascicole de combustibil nuclear **1**, schimbator de caldura axial-radial **2**, rotor turbina de recirculatie interna a agentului caloportor sodiu metalic lichid **3**, tubulatura de aspiratie si recirculare agent caloportor sodiu metalic lichid **4**, dispozitiv de control reactivitate **5**, dispozitiv de oprire reactor **6**, zona de reactie **R** comunica cu dispozitiv de incarcare-descarcare fascicole de combustibil nuclear **7**, schimbator de caldura exterior **8** prin intermediul unui rotor de recirculatie orizontala a agentului caloportor sodiu metalic lichid **9** si cu un adsorber izotopic **10**. Se da un exemplu de realizare a reactorului nuclear supraregenerator izotopic in legatura cu figurile care reprezinta:

- figura 1: vedere in sectiune longitudinala a reactorului nuclear supraregenerator izotopic;
- figura 2: vedere in sectiune transversala a zonei de reactie **R** si schimbatorului de caldura exterior **8**;
- figura 3: vedere in sectiune longitudinala si transversala a unui fascicol de elemente combustibile nucleare **1** din zona de reactie **R**;
- figura 4: vedere in sectiune longitudinala si transversala a schimbatorului de caldura axial-radial **2** aferent zonei de reactie **R**;
- figura 5: vedere in sectiune longitudinala si transversala a rotorului turbina de recirculare interna **4** agent caloportor sodiu metalic lichid, aferent zonei de reactie **R**;
- figura 6: vedere din B si vedere in sectiune longitudinala a tubulaturii de aspiratie si recirculare sodiu metalic lichid **4**, aferenta zonei de reactie **R**;
- figura 7: vederi din B, E, F ale suportului superior aferent fascicolelor combustibile nucleare **1** din zona de reactie **R**;
- figura 8: vedere in sectiune longitudinala si in sectiune transversala a unui element combustibil nuclear din componenta fascicolelor **1**;
- figura 9: vedere din B a capacului zonei de reactie **R**;
- figura 10: vedere in sectiune longitudinala si in sectiune transversala a schimbatorului de caldura agent caloportor sodiu metalic lichid **8** exterior zonei de reactie **R**;
- figura 11: vedere in sectiune longitudinala si in sectiune transversala a rotorului turbina de recirculatie orizontala a agentului caloportor sodiu metalic lichid **9** aferent schimbatorului de caldura exterior **8**;
- figura 12: vederi de ansamblu din A, C ale dispozitivului de incarcare-descarcare fascicole de elemente combustibile nucleare **7**;
- figura 13: vedere in sectiune longitudinala si in sectiune transversala a dispozitivului de control reactivitate **5** in zona de reactie **R**;

-figura 14:vedere in sectiune longitudinala si in sectiune transversala a dispozitivului de oprire a reactorului 6 aferent zonei de reactie R;

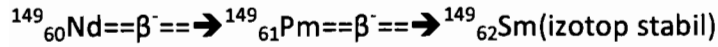
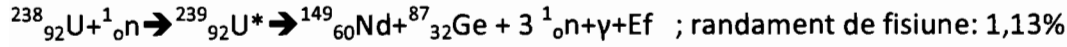
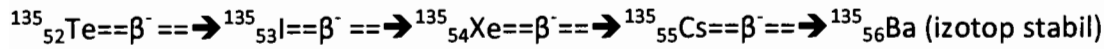
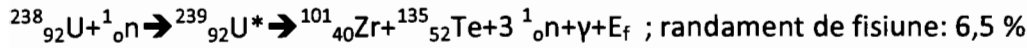
-figura 15:vedere in sectiune longitudinala a adsorberului izotopic 10.

Zona de reactie R din otel inoxidabil austenitic(AISI 304,316) sau din aliaje de zirconi (zirca loy 2,3,4) si rol functional pentru procesele nucleare(reactii de fisiune,captura neutronica,dezintegrarea β^-) si procesul de transfer termic,zona cu geometrie cilindrica are in capacul superior 24 penetratii trapezoidale pentru fascicole de elemente combustibile nucleare 1, 12 penetratii dreptunghiulare ale placilor dispozitivului de control reactivitate 5 si 12 penetratii dreptunghiulare ale placilor dispozitivului de oprire a reactorului 6,in centrul capacului fiind orificiul circular pentru asamblarea demontabila a rotorului turbina de recirculare agent caloportor 3 si in jurul rotorului turbina 3 sunt asamblate aparate destinate detectarii de neutroni respectiv spectru/flux neutronic(camera de ionizare cu BF_3 sau cu protoni de recul,detector cu semiconductor si depunere $^{10}_5B$ sau 6_3Li ,spectrometru cu protoni de recul).Un fascicol de combustibil nuclear 1 cu material structural otel inoxidabil austenitic cu geometrie prismatica si sectiune trapezoidala este format din 100....1300 elemente combustibile nucleare 1a asamblate in triunghi echilateral cu latura 0,029 metri, 2 placi dreptunghiulare laterale 1b pentru a sustine elementele combustibile,6 placi trapezoidale orizontala 1c pentru sustinere elemente combustibile si circulatia agentului caloportor sodiu metalic lichid,un suport superior 1d pentru fascicol 1 in ansamblu.Un element combustibil 1a cu geometrie cilindrica este format din teaca cilindrica de otel inoxidabil austenitic de grosime 0,001 metri si combustibil nuclear oxidic cu diametru 0,01 metri in interiorul tecii format din 10%.....20% $^{239}PuO_2$, 80%.....90% $^{238}UO_2$ si densitatea 11000....11100 kg/m³.Partea superioara a elementului combustibil 1a este inchisa de un strat cilindric de metal usor fuzibil(bismut p.t.271°C) de grosime 0,002....0,004 metri ce devine strat lichid prin topire si permite trecerea izotopilor gazosi ai kriptonului,xenonului produ si de fisiune in scopul prevenirii umflarii elementului combustibil si reducerii reactivitatii.Suportul superior 1d din material structural otel inoxidabil posed a orificii circulare pentru evacuarea izotopilor gazosi ai kriptonului si xenonului din elementele combustibile 1a si rol functional de incarcare a fascicolelor de combustibil nuclear 1 in zona de reactie R si de descarcare a acestora la expirarea duratei de iradiere,operatii mecanice telecomandate efectuate de dispozitiv 7 precum si de fixare.Schimbatorul de caldura 2 din otel inoxidabil aferent zonei de reactie R,cu geometrie toroidala si rol functional de transfer termic al caldurii generate in fascicolele de combustibil nuclear 1 prin intermediul agentului caloportor sodiu metalic lichid in recirculatie prin zona centrala,energia termica fiind transferata schimbatorului extern 8 respectiv al doilea circuit termic cu sodiu metalic lichid in recirculatie.Acest schimbator de caldura 2 posed a 36....72 tuburi cilindrice verticale 2a de transfer al caldurii din zona centrala in al doilea circuit termic cu sodiu recirculat de rotor turbina 9 in schimbator 8 cu ajutorul tubulaturii de curgere 2b.Rotorul turbina de recirculatie interna 3 a sodiului metalic lichid prin zona centrala cu rol functional de intensificare a transferului termic,rotor construit din otel inoxidabil,este format dintr-un ax central rotativ 3a pe care sunt asamblate nedemontabil 8 palete turbina 3b inclinate ascendent la 30 grade

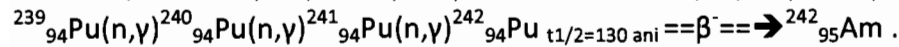
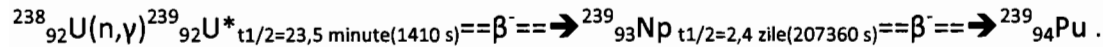
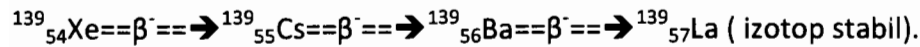
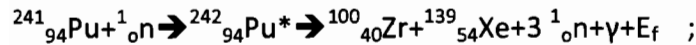
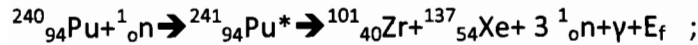
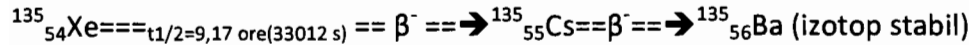
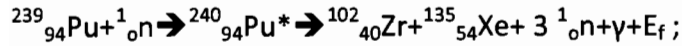
fata de orizontala, 4 palete dreptunghiulare verticale **3c** asamblate nedemontabil pe ax **3a** respectiv pe circumferinta axului sub unghi de 90 grade si acest ax **3a** este asamblat nedemontabil intr-o tubulatura cilindrica concentrica **3d** presurizata cu gaz inert(heliu) pentru a reduce transferul termic de caldura in afara zonei de reactie **R**, acest rotor **3** este actionat in rotatie de motor electric **3e**. Rotorul turbina **3** pompeaza ascendent sodiu metalic lichid cu paletele turbina **3b**, distribuie radial agentul caloportor prin elementele combustibile **1a**, placile **1b**, **1c** ale fascicolelor **1**, descendent prin tuburile cilindrice verticale **2a** ale schimbatorului de caldura **2** si recirculare pentru realizarea transferului termic. Tubulatura **4** cu geometrie cilindro-conica construita din otel inoxidabil si rol functional de aspiratie a agentului caloportor in rotor **3** si suport inferior pentru fascicolele de combustibil nuclear **1**, posedea 4 orificii dreptunghiulare **4a** sub unghi de 90 grade in partea conica pentru recircularea agentului caloportor, tubul cilindric de aspiratie **4b** asamblat nedemontabil si un suport circular **4c** cu 24 canale trapezoidale pentru fascicolele de combustibil **1**. Dispozitivul de control reactivitate **5** cu rol functional de antireactivitate la cresterea puterii reactorului este format din 12 placi dreptunghiulare verticale din tantal [izotop $^{181}_{73}\text{Ta}$ (n, γ) $^{182}_{73}\text{Ta}$] **5a** cu grosimea 0,01 metri, asamblate demontabil pe un cilindru canelat **5b** din otel inoxidabil care se deplaseaza axial sus-jos pe o tubulatura cilindrica dintata **5c** din otel cu ajutorul unui motor electric cu angrenaj de roti dintate **5d**. Dispozitivul de oprire al reactorului nuclear **6** cu rol functional de antireactivitate totala (mai mare de 50 mk) in scopul opririi reactiilor de fisiune, captura neutronica radiativa, este format din 2 grupe a 12 placi dreptunghiulare verticale de carbura de bor B_4C_3 (izotop $^{10}_5\text{B}$ grad de imbogatire 90%) intecuite cu otel inoxidabil sau din otel inoxidabil cu 20%....30% gadoliniu (izotopi $^{155}_{64}\text{Gd}$, $^{157}_{64}\text{Gd}$) **6a** cu grosimea 0,01 metri, asamblate demontabil pe un cilindru canelat **6b** din otel inoxidabil care se deplaseaza axial sus-jos pe tubulatura cilindrica dintata **5c** cu ajutorul unui motor electric cu roata dintata **6c**. Zona de reactie **R** si reactorul in ansamblu este inconjurat respectiv inchis cu ecrane de protectie termica si biologica formate din betoane cu bor (7% ciment, 9% aditivi din care 1,2% bor sub forma combinatiei colemanita $\text{Ca}_2\text{B}_2\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 81% fer sub forma de oxizi) si grosime 1,52,0 metri, sub forma de bloc cilindric al reactorului, bloc placat in interior cu tabla de otel inoxidabil pentru a evita scurgerea gazului inert (heliu) si a radioizotopilor gazoși produși de fisiune. Dispozitivul de incarcare-descarcare fascicole de combustibil nuclear **7** telecomandat, construit din otel, este format din ax vertical dintat **7a** pe care se deplaseaza axial sus-jos un ax orizontal dintat **7b** cu ajutorul unui motor electric cu roata dintata **7c**, ax **7b** in deplasare radiala stinga-dreapta cu ajutorul motorului electric cu roata dintata **7d** pentru pozitionare si incarcare-descarcare fascicole de combustibil nuclear **1** in zona de reactie **R** si intregul dispozitiv **7** se deplaseaza circular pe circumferinta interioara a blocului reactorului prin intermediul unor canale dintate de ghidare cu ajutorul rotilor de ghidare **7e** actionate in rotatie de motor electric cu roata dintata **7f**. Schimbatorului de caldura exterior **8** aferent la al doilea circuit termic al caldurii la un consumator endoterm, construit din otel, este format din 36....72 tuburi cilindrice verticale de transfer termic **8a**, conducta de intrare agent termic secundar **8b**, conducta de iesire agent termic secundar **8c** cu temperatura mai mare. Rotor de

recirculatie orizontala **9** a agentului caloportor sodiu metalic lichid, construit din otel inoxidabil, pentru transfer termic al caldurii din zona de reactie **R** in circuit termic secundar la schimbatorul de caldura **8**, este format din ax central rotativ **9a** pe care sunt asamblate nedemontabil **8** palete dreptunghiulare verticale si radiale **9b** pe circumferinta axului **9a** sub unghi de 45 grade si acest ax **9a** este asamblat nedemontabil intr-o tubulatura cilindrica axiala **9c** presurizata cu gaz inert (heliu) pentru a reduce transferul termic de caldura in afara reactorului si acest rotor **9** asamblat pe rulmenti axiali si radiali in interiorul unei tubulaturi cilindrice suport, este actionat in rotatie de un motor electric **9d**. Adsorberul izotopic **10** cu geometrie cilindrica construit din otel si rol functional de adsorbție si retinere totala a radioizotopilor gazosi ai kriptonului, xenonului produși de fisiune, este format din 18 unitati de transfer de masa **10a** si suport pentru carbon activat, fiecare unitate de transfer are cel puțin 100 orificii circulare cu diametru 0,005 metri si incarcata cu carbon activat prin conducta cu capac **10b**, intrarea in adsorber **10** prin conducta **10c** si iesirea gazului purtator heliu (izotop ^4_2He) prin conducta **10d**, gazul purtator fiind recirculat de ventilator de putere **10e**. Cu ajutorul unei pompe de vid, se evacueaza aerul din zona de reactie **R** si din spatiul reactorului nuclear si se introduce gaz inert (heliu) prevenindu-se reactia chimica a sodiului metalic lichid cu oxigenul molecular din aer si formarea oxidului de sodiu (Na_2O) compus ionic cristalizat. In zona de reactie **R** se introduce sodiu metalic lichid topit de puritate nucleara (p.t. 90°C , p.f. 890°C) la temperatura 600°C ... 800°C respectiv incalzirea prin inductie electromagnetica in afara reactorului si la un grad de umplere a zonei de reactie de 80%...90% din volumul zonei, moment in care se porneste motorul electric **3e** si rotorul turbina **3** intra in rotatie la 1200 rotatii/minut cu recircularea agentului caloportor in circuit termic primar prin zona de reactie **R**. Dispozitivul de control reactivitate **5** actionat prin telecomanda de motor electric cu roata dintata **5d** are o miscare axiala descendenta pe tubulatura dintata **5c** si placile de antireactivitate **5a** intra in zona de reactie **R** prin cele 12 penetratii ale capacului reactorului. Dispozitivul de oprire a reactorului nuclear **6** actionat prin telecomanda de motor electric cu roata dintata **6c**, are o miscare axiala descendenta pe tubulatura dintata **5c** si placile de antireactivitate totala **6a** intra in zona de reactie **R** prin cele 12 penetratii ale capacului reactorului. Dispozitivul telecomandat **7** cu deplasare axiala, radiala si circulara cu ajutorul motoarelor electrice **7c, 7d, 7f** si camera de vizualizare- pozitionare efectueaza incarcarea treptata in zona de reactie **R** a fasciculelor de combustibil nuclear **1** prin cele 24 penetratii ale capacului reactorului si realizarea masei critice. Placile de antireactivitate totala **6a** sunt extrase din zona de reactie **R** prin deplasare axiala ascendenta, efectuata de motorul electric cu roata dintata **6c**, fiind activate reactiile de fisiune nucleara cu neutroni rapizi ($0,01\text{ MeV}$... $2,5\text{ MeV}$) ale izotopilor fisionabili $^{235}_{92}\text{U}$, $^{238}_{92}\text{U}$, $^{239}_{94}\text{Pu}$, $^{240}_{94}\text{Pu}$, $^{241}_{94}\text{Pu}$, $^{242}_{94}\text{Pu}$ in conditia existentei unei surse externe de neutroni rapizi (Ra-Be). Reactiile de fisiune, captura neutronica radiativa, dezintegrarea β^- sunt autointretinute prin controlul reactivitatii pe baza neutronilor rapizi intirziati generati de izotopii impari $^{87}_{35}\text{Br}$, $^{89}_{35}\text{Br}$, $^{91}_{35}\text{Br}$, $^{137}_{53}\text{I}$, control de reactivitate efectuat de placile **5a** prin deplasare ascendenta-descendenta stabilizeaza puterea reactorului si fluxul neutronic Φ la $(1...2) \cdot 10^{18} \text{ n}^0/\text{m}^2 \cdot \text{s}$. Sunt exemplificate reactii de fisiune cu neutroni rapizi la energia medie

2 MeV, captura neutronica radiativa si dezintegrarea β^- pentru izotopii uraniului, plutoniului cu energia de fisiune $E_f=200$ MeV aproximativ $3 \cdot 10^{-11}$ W.s :



$t_{1/2}=2$ ore (7200 s) $t_{1/2}=54$ ore (194400 s) ; $t_{1/2}$ – timp de injumatatire izotopica(s).



neutroni rapizi. Emisia de neutroni rapizi intirziati si dezintegrarea β^- conduce la o stabilitate

nucleara relativa a radioizotopilor, stabilitate apropiata numerelor magice 50,82. Modelul

dimensional multigrupal Ion Cristescu pentru reactorul nuclear heterogen supragenerator

izotopic: In baza compozitiei izotopice a zonei de reactie **R** formata din izotopi fisionabili

principali ($^{238}_{92}\text{U}$, $^{239}_{94}\text{Pu}$) sub forma compusilor radiochimici $^{238}\text{UO}_2$, $^{239}\text{PuO}_2$ sunt remarcabile

egalitatile: $X_{238} + X_{239} = 1$; $Y_{238} + Y_{239} = 1$; $m_{238} + m_{239} = m_R$; $V_{238} + V_{239} = V_R$; X_{238} – fractia de masa a

$^{238}\text{UO}_2$ in combustibilul nuclear (kg/kg) ; X_{239} – fractia de masa a $^{239}\text{PuO}_2$ in combustibilul

nuclear (kg/kg) ; Y_{238}, Y_{239} – fractii de volum ale $^{238}\text{UO}_2$, $^{239}\text{PuO}_2$ in combustibilul nuclear din

zona de reactie (m^3/m^3) ; m_{238}, m_{239} – masele corespunzatoare $^{238}\text{UO}_2$, $^{239}\text{PuO}_2$ in

combustibilul nuclear (kg) ; V_{238}, V_{239} – volumele corespunzatoare $^{238}\text{UO}_2$, $^{239}\text{PuO}_2$ in

combustibilul nuclear (m^3) ; m_R – masa combustibilului nuclear in zona de reactie **R** respectiv

masa critica (kg) ; V_R – volumul combustibilului nuclear in zona de reactie **R** respectiv volumul

critic (m^3). $X_{238} = (m_{238}/m_R) = (\rho_{238} \cdot V_{238}) / (\rho_R \cdot V_R) = (\rho_{238}/\rho_R) \cdot Y_{238}$;

$X_{239} = (m_{239}/m_R) = (\rho_{239} \cdot V_{239}) / (\rho_R \cdot V_R) = (\rho_{239}/\rho_R) \cdot Y_{239}$; $V_R = (m_R/\rho_R)$; $V_{238} = (m_{238}/\rho_{238})$;

$V_{239} = (m_{239}/\rho_{239})$; $(m_R/\rho_R) = (m_{238}/\rho_{238}) + (m_{239}/\rho_{239})$; $Y_{238} = (\rho_R/\rho_{238}) \cdot X_{238}$; $Y_{239} = (\rho_R/\rho_{239}) \cdot X_{239}$

$(1/\rho_R) = [(1/\rho_{238}) \cdot (m_{238}/m_R) + (1/\rho_{239}) \cdot (m_{239}/m_R)] = (X_{238}/\rho_{238}) + (X_{239}/\rho_{239})$; ρ_{238}, ρ_{239} – densitatile

corespunzatoare $^{238}\text{UO}_2$, $^{239}\text{PuO}_2$ (kg/ m^3) ; ρ_R – densitatea medie a combustibilului nuclear

oxidic mixt in zona de reactie **R** (kg/ m^3). Concentratia de nuclee a izotopilor fisionabili

principali ($^{238}_{92}\text{U}$, $^{239}_{94}\text{Pu}$) si a izotopului structural agent caloportor ($^{23}_{11}\text{Na}$) [N (nuclee/ m^3)] se

determina conform expresiei: $N = (\rho \cdot N_A) / M$; N_A – numarul lui Avogadro ($N_A = 6,023 \cdot 10^{26}$

nuclee/kmol) ; ρ – densitatea caracteristica substantei (kg/ m^3) ; M – masa molară atomică a

izotopului structural agent caloportor ($^{23}_{11}\text{Na}$) respectiv masa molară a compusilor

radiochimici $^{238}\text{UO}_2$, $^{239}\text{PuO}_2$ (kg/kmol). Pentru 8 grupe de energie ale neutronilor rapizi (grup

$g=1$: 1,4 MeV...2,5 MeV ; grup $g=2$: 0,7 MeV...1,4 MeV ; grup $g=3$: 0,4 MeV...0,7 MeV ; grup

$g=4$: 0,2 MeV...0,4 MeV ; grup $g=5$: 0,1 MeV...0,2 MeV ; grup $g=6$: 0,05 MeV...0,1 MeV ;

grup $g=7$: 0,025 MeV...0,05 MeV ; grup $g=8$: 0,01 MeV...0,025 MeV) si izotopul structural

Antun

agent caloportor ($^{23}_{11}\text{Na}$), ratele reactiilor de absorbtie (captura neutronica radiativa) $[R_a(\text{n}^0/\text{m}^3 \cdot \text{s})]$, ratele proceselor de imprastiere elastica/inelastica $[R_s(\text{n}^0/\text{m}^3 \cdot \text{s})]$, ratele proceselor de evacuare ale neutronilor rapizi dintr-o grupa $[R_{rg}(\text{n}^0/\text{m}^3 \cdot \text{s})]$, se determina conform ecuatiilor dimensionale:

$R_a = N \cdot \sum_{g=1}^{g=8} (\sigma_{vg} \cdot \Phi_g) = \sum_{g=1}^{g=8} (\sum_{vg} \cdot \Phi_g)$;
 $R_s = N \cdot \sum_{g=1}^{g=8} (\sigma_{sg} \cdot \Phi_g) = \sum_{g=1}^{g=8} (\sum_{sg} \cdot \Phi_g)$; $R_{rg} = N \cdot [(\sigma_{vg} + \sigma_{sg}) \cdot \Phi_g] = [(\sum_{vg} + \sum_{sg}) \cdot \Phi_g] = \sum_{rg} \cdot \Phi_g$; Pentru izotopii fisionabili ^{238}U , ^{239}Pu , ratele reactiilor de fisiune cu neutroni rapizi $[R_f(\text{n}^0/\text{m}^3 \cdot \text{s})]$, sursa neutronilor rapizi $[S_f(\text{n}^0/\text{m}^3 \cdot \text{s})]$ si ratele proceselor de evacuare ale neutronilor rapizi dintr-un grup energetic g $[R_{rg}(\text{n}^0/\text{m}^3 \cdot \text{s})]$, se determina conform ecuatiilor dimensionale:
 $R_f = N \cdot \sum_{g=1}^{g=8} (\sigma_{fg} \cdot \Phi_g) = \sum_{g=1}^{g=8} (\sum_{fg} \cdot \Phi_g)$; $S_f = N \cdot \sum_{g=1}^{g=8} (v_g \cdot \sigma_{fg} \cdot \Phi_g) = \sum_{g=1}^{g=8} (v_g \cdot \sum_{fg} \cdot \Phi_g)$;
 $R_{rg} = [(\sigma_{vg} + \sigma_{sg} + \sigma_{fg}) \cdot \Phi_g] = [(\sum_{vg} + \sum_{sg} + \sum_{fg}) \cdot \Phi_g] = \sum_{rg} \cdot \Phi_g$; Pentru izotopul $^{238}_{92}\text{U}$ grup energetic neutroni rapizi $g=1$: $R_f = N \cdot \sigma_{f1} \cdot \Phi_1$; $S_f = N \cdot v_1 \cdot \sigma_{f1} \cdot \Phi_1$; $\sum_{g=1}^{g=8}$ – operator insumare pe 8 grupe neutronice ; σ_{vg} – sectiunea microscopica de absorbtie (captura radiativa) a neutronilor rapizi din grupul g (m^2) ; σ_{sg} – sectiunea microscopica de imprastiere elastica/inelastica a neutronilor grupului g pe nucleele izotopului structural $^{23}_{11}\text{Na}$ si pe nucleele izotopilor fisionabili $^{238}_{92}\text{U}$, $^{239}_{94}\text{Pu}$ (m^2) ; σ_{fg} – sectiunea microscopica de fisiune a nucleelor izotopilor fisionabili cu neutroni rapizi din grupul g (m^2) ; v_g – randament neutronic total pe fisiune respectiv numarul mediu de neutroni rapizi prompti si intirziati generati la fisiunea nucleului izotopului fisionabil pentru un neutron rapid absorbit din grupul energetic g ($\text{n}^0/\text{fisiune}$) ; Φ_g – spectru neutronic pentru grupul energetic g ($\text{n}^0/\text{m}^2 \cdot \text{s}$), ce se determina conform ecuatiei integrale: $\Phi_g = (\chi_g \cdot \Phi) = \Phi \cdot \int_{E_g}^{E_{g-1}} [\chi(E) \cdot dE] = \Phi \cdot \int_{E_g}^{E_{g-1}} [0,77 \cdot E^{1/2} \cdot \exp(-0,77 \cdot E)] \cdot dE$; $E_{g-1} > E_g$; χ_g – coeficient spectral pentru fiecare grup energetic g ; Φ – flux neutronic total in reactor ($\text{n}^0/\text{m}^2 \cdot \text{s}$) ce se determina conform ecuatiei dimensionale:

$\Phi = \Phi_o \cdot \cos(\pi \cdot z / H_e) \cdot J_o(j_o \cdot r / R_e)$; r, z – coordonate variabile raza, inaltimea (m) ; Φ_o – flux neutronic in centrul reactorului ($\text{n}^0/\text{m}^2 \cdot \text{s}$) ; $J_o(j_o \cdot r / R_e)$ – functia Bessel dezvoltata in serie de puteri in jurul originii, conform expresiei: $J_o = 1 - [(j_o^2 \cdot r^2) / (4 \cdot R_e^2)] + [(j_o^4 \cdot r^4) / (64 \cdot R_e^4)] - [(j_o^6 \cdot r^6) / (2304 \cdot R_e^6)] + \dots$; $j_o = 2,405$; H_e, R_e – dimensiuni extrapolate (inaltimea H_e , raza R_e) ale reactorului nuclear cilindric (m) ; \cos – functia cosinus ; $\chi(E)$ – spectrul neutronilor prompti dependent de energie (MeV^{-1}) ; dE – element diferential energetic al neutronilor prompti (MeV) ;

E_g – energia neutronilor rapizi din grupul g (MeV) ; E_{g-1} – energia neutronilor rapizi din grupul $g-1$ (MeV) ; \exp – functia exponentiala. Rata proceselor de transport al neutronilor rapizi dintr-un grup energetic g intr-un grup inferior $g+1$ $[R_{tg}(\text{n}^0/\text{m}^3 \cdot \text{s})]$ pentru izotopul structural $^{23}_{11}\text{Na}$ si izotopii fisionabili $^{238}_{92}\text{U}$, $^{239}_{94}\text{Pu}$, se determina conform ecuatiei dimensionale:

$R_{tg} = N \cdot \sigma_{tg} \cdot \Phi_g = \sum_{tg} \cdot \Phi_g$; σ_{tg} – sectiunea microscopica de transport al neutronilor rapizi din grupul g in grupul inferior $g+1$ (m^2) ; $\sum_{vg}, \sum_{sg}, \sum_{rg}, \sum_{tg}$ – sectiuni macroscopice de absorbtie a neutronilor rapizi (captura neutronica radiativa) din grupul g , imprastierea elastica/inelastica, evacuarea neutronilor din grupul g , transportul neutronilor rapizi din grupul g , aferente nucleelor izotopului structural agent caloportor $^{23}_{11}\text{Na}$ si izotopilor fisionabili $^{238}_{92}\text{U}$, $^{239}_{94}\text{Pu}$ (m^{-1}) ; \sum_{fg} – sectiunea macroscopica de fisiune cu neutroni rapizi din grupul g aferenta nucleelor izotopilor fisionabili (m^{-1}). Drumul liber mediu $[\lambda_{tg}(\text{m})]$ parcurs de neutronii rapizi ai grupului energetic g , se determina conform ecuatiei dimensionale:

$\lambda_{tg} = (1/R_{tg}) = [1/(N \cdot \sigma_{tg} \cdot \Phi_g)] = [1/(\sum_{tg} \cdot \Phi_g)]$. Coeficientul de difuzie al neutronilor rapizi $[D_g(\text{m})]$

Antim

23-03-2014

valoarea medie constanta pe grup energetic g , se determina conform ecuatiei dimensionale: $D_g = (\lambda_{tg}/3) = [1/(3 \cdot R_{tg})] = [1/(3 \cdot N \cdot \sigma_{tg} \cdot \Phi_g)] = [1/(3 \cdot \Sigma_{tg} \cdot \Phi_g)]$; Rata proceselor de difuzie ale neutronilor rapizi din grupul g [R_d ($n^\circ/m \cdot s$)], se determina conform ecuatiei dimensionale: $R_d = \sum_{g=1}^{g=8} (D_g \cdot \Phi_g)$; Rata proceselor de imprastiere elastica/inelastica a neutronilor rapizi din grupul g in grupul $g+1$, se determina conform ecuatiei dimensionale: $N \cdot \sigma_{sg \rightarrow g+1} \cdot \Phi_g = \Sigma_{sg \rightarrow g+1} \cdot \Phi_g$; $\sigma_{sg \rightarrow g+1}$ - sectiunea microscopica de imprastiere elastica/inelastica a neutronilor rapizi ai grupului g in grupul $g+1$ (m^2); $\Sigma_{sg \rightarrow g+1}$ - sectiunea macroscopica de imprastiere elastica/inelastica a neutronilor rapizi ai grupului g in grupul $g+1$ (m^{-1}). Pierderea medie de energie [ξ (eV/cioccire)] a neutronului rapid la o ciocnire cu nucleu de izotop structural, izotop fisionabil, se determina conform expresiei: $\xi = [2/(A + 2/3)]$; A - numar de masa atomica al nucleului izotopului (u). Constantele nucleare pentru opt grupe neutronice ale izotopilor $^{23}_{11}\text{Na}$, $^{238}_{92}\text{U}$, $^{239}_{94}\text{Pu}$, sunt specificate conform tabele 1,2,3. Tabel 1:

$^{23}_{11}\text{Na}$:	$\rho = 760 \text{ kg/m}^3$ ($t = 800^\circ\text{C}$)		$N_{23} = 199 \cdot 10^{26}$ nuclee/ m^3		$M = 23$ kg/kmol	$\xi = 0,0845$ eV/cioccire	$\Phi = 2 \cdot 10^{18}$ $n^\circ/m^2 \cdot s$	
Grup g :	1	2	3	4	5	6	7	8
$\sigma_{vg} (m^2)$:	0	0,0003. 10^{-28}	0,0005. 10^{-28}	0,0006. 10^{-28}	0,0009. 10^{-28}	0,002. 10^{-28}	0,0015. 10^{-28}	0,0015. 10^{-28}
$\Sigma_{vg} (m^{-1})$:	0	0,0006	0,001	0,0012	0,0018	0,004	0,003	0,003
Φ_g : ($n^\circ/m^2 \cdot s$)	1,14. 10^{18}	0,472. 10^{18}	0,2. 10^{18}	0,12. 10^{18}	0,044. 10^{18}	0,018. 10^{18}	0,008. 10^{18}	0,004. 10^{18}
$\Sigma_{vg} \cdot \Phi_g$: ($n^\circ/m^3 \cdot s$)	0	0,0283. 10^{16}	0,03. 10^{16}	0,0144. 10^{16}	0,008. 10^{16}	0,0072. 10^{16}	0,0024. 10^{16}	0,0012. 10^{16}
$\sigma_{sg} (m^2)$:	0,53. 10^{-28}	0,8. 10^{-28}	0,67. 10^{-28}	0,43. 10^{-28}	0,4. 10^{-28}	0,39. 10^{-28}	0,35. 10^{-28}	0,26. 10^{-28}
$\Sigma_{sg} (m^{-1})$:	1,0547	1,592	1,333	0,856	0,796	0,776	0,696	0,517
$\Sigma_{rg} (m^{-1})$:	1,0547	1,5926	1,334	0,8572	0,7978	0,78	0,699	0,52
$\sigma_{tg} (m^2)$:	2,0. 10^{-28}	3,0. 10^{-28}	3,3. 10^{-28}	3,5. 10^{-28}	3,8. 10^{-28}	4,2. 10^{-28}	4,3. 10^{-28}	5,0. 10^{-28}
$\Sigma_{tg} (m^{-1})$:	3,98	5,97	6,567	6,965	7,562	8,358	8,557	9,95
$\lambda_{tg} (m)$:	0,251	0,167	0,152	0,144	0,132	0,119	0,117	0,10
$D_g (m)$:	0,084	0,056	0,051	0,048	0,044	0,040	0,039	0,033
$D_g \cdot \Phi_g$ ($n^\circ/m \cdot s$)	9,576. 10^{16}	2,643. 10^{16}	1,02. 10^{16}	0,576. 10^{16}	0,1936. 10^{16}	0,072. 10^{16}	0,0312. 10^{16}	0,0132. 10^{16}
$\Sigma_{rg} \cdot \Phi_g$: ($n^\circ/m^3 \cdot s$)	120,24. 10^{16}	75,17. 10^{16}	26,68. 10^{16}	10,286. 10^{16}	3,51. 10^{16}	1,404. 10^{16}	0,5592. 10^{16}	0,208. 10^{16}
$\sum_{g=1}^{g=8} (\Sigma_{vg} \cdot \Phi_g) = 0,0915 \cdot 10^{16} n^\circ/m^3 \cdot s$					$\sum_{g=1}^{g=8} (D_g \cdot \Phi_g) = 14,125 \cdot 10^{16} n^\circ/m \cdot s$			
$\sigma_{s1 \rightarrow 2} = 0,46 \cdot 10^{-28} m^2$		$\Sigma_{s1 \rightarrow 2} \cdot \Phi_1 = 104,35 \cdot 10^{16} n^\circ/m^3 \cdot s$			$\sigma_{s3 \rightarrow 5} = 0,09 \cdot 10^{-28} m^2$		$\Sigma_{s3 \rightarrow 5} \cdot \Phi_3 = 3,58 \cdot 10^{16} n^\circ/m^3 \cdot s$	
$\sigma_{s1 \rightarrow 3} = 0,04 \cdot 10^{-28} m^2$		$\Sigma_{s1 \rightarrow 3} \cdot \Phi_1 = 9,074 \cdot 10^{16} n^\circ/m^3 \cdot s$			$\sigma_{s3 \rightarrow 6} = 0,03 \cdot 10^{-28} m^2$		$\Sigma_{s3 \rightarrow 6} \cdot \Phi_3 = 1,19 \cdot 10^{16} n^\circ/m^3 \cdot s$	
$\sigma_{s1 \rightarrow 4} = 0,02 \cdot 10^{-28} m^2$		$\Sigma_{s1 \rightarrow 4} \cdot \Phi_1 = 4,54 \cdot 10^{16} n^\circ/m^3 \cdot s$			$\sigma_{s3 \rightarrow 7} = 0,01 \cdot 10^{-28} m^2$		$\Sigma_{s3 \rightarrow 7} \cdot \Phi_3 = 0,4 \cdot 10^{16} n^\circ/m^3 \cdot s$	
$\sigma_{s1 \rightarrow 5} = 0,01 \cdot 10^{-28} m^2$		$\Sigma_{s1 \rightarrow 5} \cdot \Phi_1 = 2,268 \cdot 10^{16} n^\circ/m^3 \cdot s$			$\sigma_{s3 \rightarrow 8} = 0,01 \cdot 10^{-28} m^2$		$\Sigma_{s3 \rightarrow 8} \cdot \Phi_3 = 0,4 \cdot 10^{16} n^\circ/m^3 \cdot s$	

H. M. T.

23-03-2014

$\sigma_{s2 \rightarrow 3} = 0,65 \cdot 10^{-28} \text{ m}^2$	$\sum_{s2 \rightarrow 3} \cdot \Phi_2 =$	$\sigma_{s4 \rightarrow 5} = 0,43 \cdot 10^{-28} \text{ m}^2$	$\sum_{s4 \rightarrow 5} \cdot \Phi_4 =$
-	$61,053 \cdot 10^{16} \text{ n}^0/\text{m}^3 \cdot \text{s}$	-	$10,27 \cdot 10^{16} \text{ n}^0/\text{m}^3 \cdot \text{s}$
$\sigma_{s2 \rightarrow 4} = 0,12 \cdot 10^{-28} \text{ m}^2$	$\sum_{s2 \rightarrow 4} \cdot \Phi_2 =$	$\sigma_{s5 \rightarrow 6} = 0,4 \cdot 10^{-28} \text{ m}^2$	$\sum_{s5 \rightarrow 6} \cdot \Phi_5 =$
	$11,27 \cdot 10^{16} \text{ n}^0/\text{m}^3 \cdot \text{s}$		$3,5 \cdot 10^{16} \text{ n}^0/\text{m}^3 \cdot \text{s}$
$\sigma_{s2 \rightarrow 5} = 0,02 \cdot 10^{-28} \text{ m}^2$	$\sum_{s2 \rightarrow 5} \cdot \Phi_2 =$	$\sigma_{s6 \rightarrow 7} = 0,39 \cdot 10^{-28} \text{ m}^2$	$\sum_{s6 \rightarrow 7} \cdot \Phi_6 =$
	$1,878 \cdot 10^{16} \text{ n}^0/\text{m}^3 \cdot \text{s}$		$1,4 \cdot 10^{16} \text{ n}^0/\text{m}^3 \cdot \text{s}$
$\sigma_{s2 \rightarrow 6} = 0,01 \cdot 10^{-28} \text{ m}^2$	$\sum_{s2 \rightarrow 6} \cdot \Phi_2 =$	$\sigma_{s7 \rightarrow 8} = 0,35 \cdot 10^{-28} \text{ m}^2$	$\sum_{s7 \rightarrow 8} \cdot \Phi_7 =$
	$0,939 \cdot 10^{16} \text{ n}^0/\text{m}^3 \cdot \text{s}$		$0,56 \cdot 10^{16} \text{ n}^0/\text{m}^3 \cdot \text{s}$
$\sigma_{s3 \rightarrow 4} = 0,55 \cdot 10^{-28} \text{ m}^2$	$\sum_{s3 \rightarrow 4} \cdot \Phi_3 =$	$\sigma_{s8 \rightarrow 9} = 0,26 \cdot 10^{-28} \text{ m}^2$	$\sum_{s8 \rightarrow 9} \cdot \Phi_8 =$
	$21,89 \cdot 10^{16} \text{ n}^0/\text{m}^3 \cdot \text{s}$		$0,207 \cdot 10^{16} \text{ n}^0/\text{m}^3 \cdot \text{s}$

Tabel 2:

$^{238}\text{UO}_2$ ($^{238}_{92}\text{U}$):	$\rho = 10960$ Kg/m^3		$N_{238} = 244,49$ $\cdot 10^{26}$ nuclee/m^3		$M = 270$ kg/kmol	$\xi = 0,00838$ $\text{eV}/\text{ciocnre}$	$\Phi = 2 \cdot 10^{18}$ $\text{n}^0/\text{m}^2 \cdot \text{s}$	
Grup g:	1	2	3	4	5	6	7	8
$\sigma_{vg}(\text{m}^2)$:	0,05. 10^{-28}	0,13. 10^{-28}	0,13. 10^{-28}	0,15. 10^{-28}	0,22. 10^{-28}	0,31. 10^{-28}	0,46. 10^{-28}	0,6. 10^{-28}
$\sum_{vg}(\text{m}^{-1})$:	0,1222	0,3178	0,3178	0,3667	0,5379	0,758	1,1246	1,467
Φ_g : ($\text{n}^0/\text{m}^2 \cdot \text{s}$)	1,14. 10^{18}	0,472. 10^{18}	0,2. 10^{18}	0,12. 10^{18}	0,044. 10^{18}	0,018. 10^{18}	0,008. 10^{18}	0,004. 10^{18}
$\sum_{vg} \cdot \Phi_g$: ($\text{n}^0/\text{m}^3 \cdot \text{s}$)	13,93. 10^{16}	15,0. 10^{16}	6,356. 10^{16}	4,4. 10^{16}	2,367. 10^{16}	1,364. 10^{16}	0,9. 10^{16}	0,587. 10^{16}
$\sigma_{sg}(\text{m}^2)$:	2,1. 10^{-28}	1,0. 10^{-28}	0,4. 10^{-28}	0,3. 10^{-28}	0,23. 10^{-28}	0,18. 10^{-28}	0,08. 10^{-28}	0,07. 10^{-28}
$\sum_{sg}(\text{m}^{-1})$:	5,134	2,449	0,978	0,7335	0,562	0,44	0,1956	0,1711
$\sigma_{f1}(\text{m}^2)$:	0,56. 10^{-28}	-	-	-	-	-	-	-
$\sum_{f1}(\text{m}^{-1})$:	1,369	-	-	-	-	-	-	-
$\sum_{rg}(\text{m}^{-1})$:	6,6252	2,763	1,2958	1,1	1,0999	1,198	1,3202	1,6381
$\sum_{rg} \cdot \Phi_g$: ($\text{n}^0/\text{m}^3 \cdot \text{s}$)	755,27. 10^{16}	130,41. 10^{16}	25,916. 10^{16}	13,2. 10^{16}	4,839. 10^{16}	2,156. 10^{16}	1,056. 10^{16}	0,655. 10^{16}
$\sigma_{ag}(\text{m}^2)$:	0,61. 10^{-28}	0,13. 10^{-28}	0,13. 10^{-28}	0,15. 10^{-28}	0,22. 10^{-28}	0,31. 10^{-28}	0,46. 10^{-28}	0,6. 10^{-28}
$\sum_{ag} \cdot \Phi_g$: ($\text{n}^0/\text{m}^3 \cdot \text{s}$)	170. 10^{16}	15. 10^{16}	6,3567. 10^{16}	4,4. 10^{16}	2,367. 10^{16}	1,364. 10^{16}	0,9. 10^{16}	0,587. 10^{16}
$\sum_{f1} \cdot \Phi_1$: ($\text{n}^0/\text{m}^3 \cdot \text{s}$)	156,08. 10^{16}	-	-	-	-	-	-	-
v_1 :	2,9	-	-	-	-	-	-	-
$\sum_{f1} \cdot \Phi_1 \cdot v_1$ ($\text{n}^0/\text{m}^3 \cdot \text{s}$)	452,59. 10^{16}	-	-	-	-	-	-	-
χ_g :	0,57	0,236	0,099	0,058	0,022	0,009	0,004	0,002
$\chi_g \cdot v_1 \cdot \sum_{f1} \cdot \Phi_1$ ($\text{n}^0/\text{m}^3 \cdot \text{s}$):	258. 10^{16}	106,8. 10^{16}	44,81. 10^{16}	26,25. 10^{16}	9,96. 10^{16}	4,07. 10^{16}	1,81. 10^{16}	0,905. 10^{16}
$\sigma_{tg}(\text{m}^2)$:	4,3. 10^{-28}	4,8. 10^{-28}	5,8. 10^{-28}	7,4. 10^{-28}	9,5. 10^{-28}	11,3. 10^{-28}	12,4. 10^{-28}	14,0. 10^{-28}

Aut

$\Sigma_{tg}(m^{-1})$:	10,513	11,735	14,18	18,09	23,226	27,63	30,32	34,228
$\lambda_{tg}(m)$:	0,095	0,0852	0,0705	0,0553	0,043	0,036	0,033	0,029
$D_g(m)$:	0,0317	0,0284	0,0235	0,0184	0,0143	0,012	0,011	0,0097
$D_g \cdot \Phi_g$: ($n^0/m \cdot s$)	3,614. 10^{16}	1,341. 10^{16}	0,47. 10^{16}	0,221. 10^{16}	0,06. 10^{16}	0,022. 10^{16}	0,0088. 10^{16}	0,0039. 10^{16}
$\Sigma_{g=1}^{g=8}(\Sigma_{ag} \cdot \Phi_g) = 200,975 \cdot 10^{16} n^0/m^3 \cdot s$				$\Sigma_{g=1}^{g=8}(D_g \cdot \Phi_g) = 5,741 \cdot 10^{16} n^0/m \cdot s$				
$\sigma_{s1 \rightarrow 2} = 0,71 \cdot 10^{-28} m^2$	$\Sigma_{s1 \rightarrow 2} \cdot \Phi_1 = 197,889 \cdot 10^{16} n^0/m^3 \cdot s$			$\sigma_{s2 \rightarrow 6} = 0,05 \cdot 10^{-28} m^2$	$\Sigma_{s2 \rightarrow 6} \cdot \Phi_2 = 5,77 \cdot 10^{16} n^0/m^3 \cdot s$			
$\sigma_{s1 \rightarrow 3} = 0,6 \cdot 10^{-28} m^2$	$\Sigma_{s1 \rightarrow 3} \cdot \Phi_1 = 153,55 \cdot 10^{16} n^0/m^3 \cdot s$			$\sigma_{s2 \rightarrow 7} = 0,02 \cdot 10^{-28} m^2$	$\Sigma_{s2 \rightarrow 7} \cdot \Phi_2 = 2,308 \cdot 10^{16} n^0/m^3 \cdot s$			
$\sigma_{s1 \rightarrow 4} = 0,5 \cdot 10^{-28} m^2$	$\Sigma_{s1 \rightarrow 4} \cdot \Phi_1 = 127,96 \cdot 10^{16} n^0/m^3 \cdot s$			$\sigma_{s3 \rightarrow 4} = 0,4 \cdot 10^{-28} m^2$	$\Sigma_{s3 \rightarrow 4} \cdot \Phi_3 = 19,559 \cdot 10^{16} n^0/m^3 \cdot s$			
$\sigma_{s1 \rightarrow 5} = 0,2 \cdot 10^{-28} m^2$	$\Sigma_{s1 \rightarrow 5} \cdot \Phi_1 = 55,743 \cdot 10^{16} n^0/m^3 \cdot s$			$\sigma_{s4 \rightarrow 5} = 0,3 \cdot 10^{-28} m^2$	$\Sigma_{s4 \rightarrow 5} \cdot \Phi_4 = 8,8 \cdot 10^{16} n^0/m^3 \cdot s$			
$\sigma_{s1 \rightarrow 6} = 0,07 \cdot 10^{-28} m^2$	$\Sigma_{s1 \rightarrow 6} \cdot \Phi_1 = 19,51 \cdot 10^{16} n^0/m^3 \cdot s$			$\sigma_{s5 \rightarrow 6} = 0,23 \cdot 10^{-28}$	$\Sigma_{s5 \rightarrow 6} \cdot \Phi_5 = 2,474 \cdot 10^{16} n^0/m^3 \cdot s$			
$\sigma_{s1 \rightarrow 7} = 0,02 \cdot 10^{-28} m^2$	$\Sigma_{s1 \rightarrow 7} \cdot \Phi_1 = 5,574 \cdot 10^{16} n^0/m^3 \cdot s$			$\sigma_{s6 \rightarrow 7} = 0,18 \cdot 10^{-28} m^2$	$\Sigma_{s6 \rightarrow 7} \cdot \Phi_6 = 0,792 \cdot 10^{16} n^0/m^3 \cdot s$			
$\sigma_{s2 \rightarrow 3} = 0,44 \cdot 10^{-28} m^2$	$\Sigma_{s2 \rightarrow 3} \cdot \Phi_2 = 50,775 \cdot 10^{16} n^0/m^3 \cdot s$			$\sigma_{s7 \rightarrow 8} = 0,08 \cdot 10^{-28} m^2$	$\Sigma_{s7 \rightarrow 8} \cdot \Phi_7 = 0,156 \cdot 10^{16} n^0/m^3 \cdot s$			
$\sigma_{s2 \rightarrow 4} = 0,35 \cdot 10^{-28} m^2$	$\Sigma_{s2 \rightarrow 4} \cdot \Phi_2 = 40,39 \cdot 10^{16} n^0/m^3 \cdot s$			$\sigma_{s8 \rightarrow 9} = 0,07 \cdot 10^{-28}$	$\Sigma_{s8 \rightarrow 9} \cdot \Phi_8 = 0,068 \cdot 10^{16} n^0/m^3 \cdot s$			
$\sigma_{s2 \rightarrow 5} = 0,14 \cdot 10^{-28} m^2$	$\Sigma_{s2 \rightarrow 5} \cdot \Phi_2 = 16,156 \cdot 10^{16} n^0/m^3 \cdot s$			-	-			

Tabel 3:

$^{239}\text{PuO}_2$ ($^{239}_{94}\text{Pu}$):	$\rho = 11460$ kg/m^3	$N_{239} = 254,7$ 10^{26} nuclee/ m^3	$M = 271$ kg/kmol	$\xi = 0,00834$ ev/ciocnire	$\Phi = 2 \cdot 10^{18}$ $n^0/m^2 \cdot s$			
Grup g:	1	2	3	4	5	6	7	8
$\sigma_{vg}(m^2)$:	0,02. 10^{-28}	0,06. 10^{-28}	0,1. 10^{-28}	0,14. 10^{-28}	0,24. 10^{-28}	0,44. 10^{-28}	0,68. 10^{-28}	1,05. 10^{-28}
$\Sigma_{vg}(m^{-1})$:	0,051	0,153	0,255	0,357	0,611	1,121	1,732	2,674
Φ_g : ($n^0/m^2 \cdot s$)	1,202. 10^{18}	0,45. 10^{18}	0,182. 10^{18}	0,102. 10^{18}	0,036. 10^{18}	0,016. 10^{18}	0,008. 10^{18}	0,004. 10^{18}
$\Sigma_{vg} \cdot \Phi_g$: ($n^0/m^3 \cdot s$)	6,13. 10^{16}	6,885. 10^{16}	4,641. 10^{16}	3,637. 10^{16}	2,2. 10^{16}	1,794. 10^{16}	1,386. 10^{16}	1,07. 10^{16}
$\sigma_{sg}(m^2)$:	$1 \cdot 10^{-28}$	$1 \cdot 10^{-28}$	0,5. 10^{-28}	0,24. 10^{-28}	0,2. 10^{-28}	0,12. 10^{-28}	0,1. 10^{-28}	0,07. 10^{-28}
$\Sigma_{sg}(m^{-1})$:	2,547	2,547	1,2735	0,6113	0,5034	0,3056	0,2547	0,1783
$\sigma_{fg}(m^2)$:	1,98. 10^{-28}	1,78. 10^{-28}	1,65. 10^{-28}	1,65. 10^{-28}	1,66. 10^{-28}	1,8. 10^{-28}	2,05. 10^{-28}	2,3. 10^{-28}
$\Sigma_{fg}(m^{-1})$:	5,043	4,534	4,2025	4,2025	4,228	4,5846	5,2213	5,8581
$\Sigma_{rg}(m^{-1})$:	7,641	7,234	5,731	5,1704	5,3484	6,0112	7,208	8,7104
$\Sigma_{rg} \cdot \Phi_g$: ($n^0/m^3 \cdot s$)	918,4. 10^{16}	325,53. 10^{16}	104,3. 10^{16}	52,74. 10^{16}	19,254. 10^{16}	9,618. 10^{16}	5,766. 10^{16}	3,484. 10^{16}

Autun

11

$v_g:$	3,23	3,03	2,97	2,95	2,94	2,93	2,92	2,92
$\sigma_{ag}(m^2):$	2.10^{-28}	$1,34.10^{-28}$	$1,75.10^{-28}$	$1,79.10^{-28}$	$1,9.10^{-28}$	$2,24.10^{-28}$	$2,73.10^{-28}$	$3,35.10^{-28}$
$\sum_{ag} \cdot \Phi_g : (n^o/m^3.s)$	$612,3.10^{16}$	$210,89.10^{16}$	$81,12.10^{16}$	$46,5.10^{16}$	$17,42.10^{16}$	$9,128.10^{16}$	$5,563.10^{16}$	$3,413.10^{16}$
$\sum_{fg} \cdot \Phi_g : (n^o/m^3.s)$	$606,2.10^{16}$	204.10^{16}	$76,47.10^{16}$	$42,865.10^{16}$	$15,221.10^{16}$	$7,335.10^{16}$	$4,177.10^{16}$	$2,343.10^{16}$
$\sum_{fg} \cdot \Phi_g \cdot v_g (n^o/m^3.s)$	1958.10^{16}	$618,16.10^{16}$	$227,2.10^{16}$	$126,45.10^{16}$	$44,749.10^{16}$	$21,493.10^{16}$	$12,197.10^{16}$	$6,842.10^{16}$
$\chi_g:$	0,601	0,225	0,091	0,051	0,018	0,008	0,004	0,02
$\chi_g \cdot v_g \cdot \sum_{fg} \cdot \Phi_g (n^o/m^3.s):$	1177.10^{16}	$139,1.10^{16}$	$20,67.10^{16}$	$6,449.10^{16}$	$0,805.10^{16}$	$0,172.10^{16}$	$0,049.10^{16}$	$0,137.10^{16}$
$\sigma_{tg}(m^2):$	$4,4.10^{-28}$	$5,1.10^{-28}$	$6,2.10^{-28}$	$7,6.10^{-28}$	$9,8.10^{-28}$	$11,5.10^{-28}$	$12,5.10^{-28}$	$15,0.10^{-28}$
$\sum_{tg}(m^{-1}):$	11,207	12,989	15,791	19,357	24,961	29,29	31,84	38,205
$\lambda_{tg}(m):$	0,089	0,077	0,0633	0,0517	0,04	0,034	0,0314	0,0262
$D_g(m):$	0,0297	0,0257	0,0211	0,0172	0,0133	0,0114	0,01	0,0087
$D_g \cdot \Phi_g : (n^o/m.s)$	$3,575.10^{16}$	$1,155.10^{16}$	$0,384.10^{16}$	$0,176.10^{16}$	$0,048.10^{16}$	$0,018.10^{16}$	$0,0084.10^{16}$	$0,0035.10^{16}$
$\sum_{g=1}^{g=8} (v_g \cdot \sum_{fg} \cdot \Phi_g) = 3014,9513.10^{16} n^o/m^3.s$				$\sum_{g=1}^{g=8} (\sum_{ag} \cdot \Phi_g) = 986,3356.10^{16} n^o/m^3.s$				
$\sum_{g=1}^{g=8} (D_g \cdot \Phi_g) = 5,3678.10^{16} n^o/m.s$								
$\sigma_{s1 \rightarrow 2} = 0,32.10^{-28} m^2$	$\sum_{s1 \rightarrow 2} \cdot \Phi_1 = 97,968.10^{16} n^o/m^3.s$		$\sigma_{s3 \rightarrow 5} = 0,12.10^{-28} m^2$		$\sum_{s3 \rightarrow 5} \cdot \Phi_3 = 5,563.10^{16} n^o/m^3.s$			
$\sigma_{s1 \rightarrow 3} = 0,32.10^{-28} m^2$	$\sum_{s1 \rightarrow 3} \cdot \Phi_1 = 97,968.10^{16} n^o/m^3.s$		$\sigma_{s3 \rightarrow 6} = 0,04.10^{-28} m^2$		$\sum_{s3 \rightarrow 6} \cdot \Phi_3 = 1,854.10^{16} n^o/m^3.s$			
$\sigma_{s1 \rightarrow 4} = 0,23.10^{-28} m^2$	$\sum_{s1 \rightarrow 4} \cdot \Phi_1 = 70,414.10^{16} n^o/m^3.s$		$\sigma_{s3 \rightarrow 7} = 0,01.10^{-28} m^2$		$\sum_{s3 \rightarrow 7} \cdot \Phi_3 = 0,4635.10^{16} n^o/m^3.s$			
$\sigma_{s1 \rightarrow 5} = 0,09.10^{-28} m^2$	$\sum_{s1 \rightarrow 5} \cdot \Phi_1 = 27,553.10^{16} n^o/m^3.s$		$\sigma_{s4 \rightarrow 5} = 0,2.10^{-28} m^2$		$\sum_{s4 \rightarrow 5} \cdot \Phi_4 = 5,196.10^{16} n^o/m^3.s$			
$\sigma_{s1 \rightarrow 6} = 0,03.10^{-28} m^2$	$\sum_{s1 \rightarrow 6} \cdot \Phi_1 = 9,1845.10^{16} n^o/m^3.s$		$\sigma_{s4 \rightarrow 6} = 0,3.10^{-28} m^2$		$\sum_{s4 \rightarrow 6} \cdot \Phi_4 = 7,794.10^{16} n^o/m^3.s$			
$\sigma_{s1 \rightarrow 7} = 0,01.10^{-28} m^2$	$\sum_{s1 \rightarrow 7} \cdot \Phi_1 = 3,0615.10^{16} n^o/m^3.s$		$\sigma_{s4 \rightarrow 7} = 0,1.10^{-28} m^2$		$\sum_{s4 \rightarrow 7} \cdot \Phi_4 = 2,598.10^{16} n^o/m^3.s$			
$\sigma_{s2 \rightarrow 3} = 0,35.10^{-28} m^2$	$\sum_{s2 \rightarrow 3} \cdot \Phi_2 = 40,115.10^{16} n^o/m^3.s$		$\sigma_{s5 \rightarrow 6} = 0,19.10^{-28} m^2$		$\sum_{s5 \rightarrow 6} \cdot \Phi_5 = 1,742.10^{16} n^o/m^3.s$			
$\sigma_{s2 \rightarrow 4} = 0,32.10^{-28} m^2$	$\sum_{s2 \rightarrow 4} \cdot \Phi_2 = 36,677.10^{16} n^o/m^3.s$		$\sigma_{s5 \rightarrow 7} = 0,01.10^{-28} m^2$		$\sum_{s5 \rightarrow 7} \cdot \Phi_5 = 0,0917.10^{16} n^o/m^3.s$			
$\sigma_{s2 \rightarrow 5} = 0,18.10^{-28} m^2$	$\sum_{s2 \rightarrow 5} \cdot \Phi_2 = 20,631.10^{16} n^o/m^3.s$		$\sigma_{s6 \rightarrow 7} = 0,12.10^{-28} m^2$		$\sum_{s6 \rightarrow 7} \cdot \Phi_6 = 0,489.10^{16} n^o/m^3.s$			
$\sigma_{s2 \rightarrow 6} = 0,07.10^{-28} m^2$	$\sum_{s2 \rightarrow 6} \cdot \Phi_2 = 8,023.10^{16} n^o/m^3.s$		$\sigma_{s7 \rightarrow 8} = 0,1.10^{-28} m^2$		$\sum_{s7 \rightarrow 8} \cdot \Phi_7 = 0,204.10^{16} n^o/m^3.s$			
$\sigma_{s2 \rightarrow 7} = 0,02.10^{-28} m^2$	$\sum_{s2 \rightarrow 7} \cdot \Phi_2 = 2,292.10^{16} n^o/m^3.s$		$\sigma_{s8 \rightarrow 9} = 0,07.10^{-28} m^2$		$\sum_{s8 \rightarrow 9} \cdot \Phi_8 = 0,071.10^{16} n^o/m^3.s$			
$\sigma_{s3 \rightarrow 4} = 0,33.10^{-28} m^2$	$\sum_{s3 \rightarrow 4} \cdot \Phi_3 = 15,297.10^{16} n^o/m^3.s$		-		-			

Handwritten signature

Masele critice [$m^*_{238}(\text{kg}), m^*_{239}(\text{kg})$] ale compusilor radiochimici izotopici $^{238}\text{UO}_2, ^{239}\text{PuO}_2$, se determina conform ecuatiilor dimensionale: $m^*_{238} = \rho_{238} \cdot Y_{238} \cdot (V_R)_m$; $m^*_{239} = \rho_{239} \cdot Y_{239} \cdot (V_R)_m$ ($(V_R)_m$ – volumul critic minim (m^3) caracteristic unui reactor cilindric cubic. Concentratiile critice [$C^*(\text{kg}/\text{m}^3)$] ale compusilor izotopici radiochimici $^{238}\text{UO}_2, ^{239}\text{PuO}_2$ se determina conform

ecuatiilor dimensionale: $C^*_{238} = m^*_{238} / (V_R)_m = \rho_{238} \cdot Y_{238} = \rho_R \cdot X_{238}$;

$C^*_{239} = m^*_{239} / (V_R)_m = \rho_{239} \cdot Y_{239} = \rho_R \cdot X_{239}$; Concentratia/densitatea de nuclee izotopice $^{238}\text{U}, ^{239}\text{Pu}$ [$N^*(\text{nuclee}/\text{m}^3)$], se determina conform ecuatiilor

dimensionale: $N^*_{238} = [(C^*_{238} \cdot N_A) / M_{238}] = \{(m^*_{238} \cdot N_A) / [M_{238} \cdot (V_R)_m]\} = \{(\rho_{238} \cdot Y_{238} \cdot N_A) / M_{238}\} = \{(\rho_R \cdot X_{238} \cdot N_A) / M_{238}\} = Y_{238} \cdot N$; N_A – numarul Avogadro ($N_A = 6,023 \cdot 10^{26}$ nuclee/kmol); M_{238} – masa molară a compusului izotopic radiochimic $^{238}\text{UO}_2$ ($M_{238} = 270$ kg/kmol).

$N^*_{239} = [(C^*_{239} \cdot N_A) / M_{239}] = \{(m^*_{239} \cdot N_A) / [M_{239} \cdot (V_R)_m]\} = \{(\rho_{239} \cdot Y_{239} \cdot N_A) / M_{239}\} = \{(\rho_R \cdot X_{239} \cdot N_A) / M_{239}\} = Y_{239} \cdot N$; M_{239} – masa molară a compusului izotopic radiochimic $^{239}\text{PuO}_2$ ($M_{239} = 271$ kg/kmol).

N – concentratia/densitatea totală de nuclee izotopice (nuclee/ m^3 reactor). Sursa neutronilor rapizi [$S(\text{n}^0/\text{m}^3 \cdot \text{s})$], se determina conform ecuatiei dimensionale: $S = (S_{f238} + S_{f239}) = (v_1 \cdot \sigma_{f1} \cdot N^*_{238} \cdot \Phi_1) + [N^*_{239} \cdot \sum_{g=1}^{g=8} (v_g \cdot \sigma_{fg} \cdot \Phi_g)] = (Y_{238} \cdot N \cdot v_1 \cdot \sigma_{f1} \cdot \Phi_1) + [Y_{239} \cdot N \cdot \sum_{g=1}^{g=8} (v_g \cdot \sigma_{fg} \cdot \Phi_g)] = (v_1 \cdot \sigma_{f1} \cdot \Phi_1) + [\sum_{g=1}^{g=8} (v_g \cdot \sigma_{fg} \cdot \Phi_g)]$; Ratele proceselor de absorbtie [$R_a(\text{n}^0/\text{m}^3 \cdot \text{s})$], se determina conform ecuatiei dimensionale:

$R_a = [N_{238} \cdot \sum_{g=1}^{g=8} (\sigma_{\gamma g 238} \cdot \Phi_g)] + [N^*_{238} \cdot \sum_{g=1}^{g=8} (\sigma_{\alpha g 238} \cdot \Phi_g)] + [N^*_{239} \cdot \sum_{g=1}^{g=8} (\sigma_{\alpha g 239} \cdot \Phi_g)]$; Ratele proceselor de difuzie [$R_d(\text{n}^0/\text{m} \cdot \text{s})$], se determina conform ecuatiei dimensionale:

$R_d = [\sum_{g=1}^{g=8} (D_{g238} \cdot \Phi_g)] + [Y_{238} \cdot \sum_{g=1}^{g=8} (D_{g238} \cdot \Phi_g)] + [Y_{239} \cdot \sum_{g=1}^{g=8} (D_{g239} \cdot \Phi_g)]$. Randamentul neutronic pe absorbtia neutronului rapid [$\eta(\text{n}^0 \text{ generat}/\text{n}^0 \text{ absorbit})$] in nucleele izotopilor fisionabili $^{238}_{92}\text{U}, ^{239}_{94}\text{Pu}$, se determina conform ecuatiei dimensionale: $\eta = (S/R_a) = [(S_{f238} + S_{f239})/R_a]$;

Constanta de supragenerare izotopica: $R_s = (\eta - 2)$. Laplaceanul material [$B_m^2(\text{m}^{-2})$] al reactorului nuclear supragenerator izotopic, se determina conform ecuatiei dimensionale: $B_m^2 = [(S - R_a)/R_d]$. Laplaceanul geometric [$B_g^2(\text{m}^{-2})$] al reactorului, se determina conform ecuatiei de criticitate: $-B_g^2 + B_m^2 = \rightarrow B_g^2 = B_m^2$. Reactor supracritic: $B_g^2 < B_m^2$. Laplacean B_g^2

pentru reactor cilindric heterogen supragenerator, se determina conform ecuatiei dimensionale: $B_g^2 = [(\pi/H)^2 + (j_0/R)^2]$; $j_0 = 2,405$; H, R – dimensiunile critice ale reactorului respectiv inaltimea $H(\text{m})$ si raza $R(\text{m})$. In cazul reactorului nuclear supragenerator izotopic cilindric aplatizat: $H = R = [(\pi^2 + j_0^2)^{1/2}] / B_g$. Dimensiunile extrapolate [$H_e(\text{m}), R_e(\text{m})$] ale reactorului, se determina conform ecuatiilor dimensionale: $H_e = [H + (2 \cdot d_{ex})]$; $R_e = [R + d_{ex}]$;

d_{ex} – distanta de extrapolare (m) ($d_{ex} = 0,71 \cdot \lambda_t$); λ_t – lungimea de transport respectiv drumul liber mijlociu al neutronilor rapizi din grupul energetic $g=1$ in sodiu metalic (m). Volumul critic al reactorului nuclear cilindric [$V_R(\text{m}^3)$], se determina conform ecuatiei dimensionale:

$V_R = (\pi \cdot R^2 \cdot H)$; Constanta efectiva de multiplicare [K] a neutronilor rapizi pentru reactor nuclear finit in dimensiuni, se determina conform ecuatiei dimensionale: $K = \{S / [R_a + (B_g^2 \cdot R_d)]\}$

Ecuatia difuziei multigrupale a neutronilor rapizi ai grupurilor energetice $g=1 \dots 8$:

$-D_g \cdot \Delta \Phi_g + \sum_{r \neq g} \Phi_r = [(\chi_g/K) \cdot S] + (\sum_{s1 \rightarrow 2} \Phi_1) + (\sum_{s1 \rightarrow 3} \Phi_1) + \dots + (\sum_{s2 \rightarrow 3} \Phi_2) + (\sum_{s2 \rightarrow 4} \Phi_2) + \dots + (\sum_{s3 \rightarrow 4} \Phi_3) + (\sum_{s3 \rightarrow 5} \Phi_3) + (\sum_{s3 \rightarrow 6} \Phi_3) + \dots + (\sum_{s4 \rightarrow 5} \Phi_4) + (\sum_{s5 \rightarrow 6} \Phi_5) + \dots + (\sum_{s(g-1) \rightarrow g} \Phi_{g-1})$; Δ – operator diferential de ordin 2 al lui Laplace: $\Delta = (\partial^2/\partial x^2) + (\partial^2/\partial y^2) + (\partial^2/\partial z^2)$. In baza ecuatiei diferentiale generale a reactorului nuclear pentru un grup energetic g : $\Delta \Phi_g + B_g^2 \cdot \Phi_g = 0$

A. W. T. W.

ecuatia difuziei multigrupale a neutronilor rapizi ai grupurilor energetice g:

$$(D_g \cdot B_g^2 \cdot \Phi_g) + (\sum r_g \cdot \Phi_g) = [(\chi_g / K) \cdot S] + (\sum_{s1 \rightarrow 2} \Phi_1) + (\sum_{s1 \rightarrow 3} \Phi_1) + \dots + (\sum_{s2 \rightarrow 3} \Phi_2) + (\sum_{s2 \rightarrow 4} \Phi_2) + \dots + (\sum_{s3 \rightarrow 4} \Phi_3) + (\sum_{s3 \rightarrow 5} \Phi_3) + \dots + (\sum_{s4 \rightarrow 5} \Phi_4) + \dots + (\sum_{s5 \rightarrow 6} \Phi_5) + \dots + (\sum_{s_{g-1} \rightarrow g} \Phi_{g-1}).$$

Particularizarea ecuatiei difuziei pentru grupurile energetice $g=1, \dots, 8$ si in baza constantelor nucleare, dimensioneaza constanta de criticitate K pentru fiecare grup. Masa de combustibil nuclear mixt [m_{ec} (kg)] continuta intr-un element combustibil cilindric, se determina conform ecuatiei dimensionale:

$$m_{ec} = (\pi/4) \cdot d_i^2 \cdot H \cdot \rho_R; \quad d_i - \text{diametrul interior al combustibilului nuclear mixt oxidic (m);}$$

H – inaltimea elementului combustibil (m); ρ_R – densitatea combustibilului nuclear mixt oxidic (kg/m^3). Numarul elementelor combustibile nucleare cilindrice [n_{ec}] in zona de reactie

R , se determina conform ecuatiei dimensionale: $n_{ec} = (m_R / m_{ec}) = [(m_{238} + m_{239}) / m_{ec}] =$

$$\{[(\rho_{238} \cdot Y_{238}) + (\rho_{239} \cdot Y_{239}) \cdot V_R] / m_{ec}\}. \text{Numarul elementelor combustibile nucleare cilindrice } [n_{ecf}]$$

intr-un fascicol combustibil **1**, se determina conform ecuatiei dimensionale: $n_{ecf} = (n_{ec} / n_f);$

n_f – numar fascicole de elemente combustibile nucleare in zona de reactie R ($n_f = 24$).

Masa de combustibil nuclear intr-un fascicol [m_{cf} (kg)], se determina conform ecuatiei

$$\text{dimensionale: } m_{cf} = (m_{ec} \cdot n_{ecf}) = [(m_{ec} \cdot n_{ec}) / n_f]. \text{Dimensiunile radiale ale zonei de reactie } R$$

[raza mica r (m), raza mare geometrica R_g (m) diferita de raza critica] aferente fascicolelor de

elemente combustibile nucleare **1**, se determina conform ecuatiilor dimensionale:

$$r = (n_f / 2\pi) \cdot (l + d_s); \quad R_g = (n_f / 2\pi) \cdot (L + d_s); \quad l, L - \text{dimensiuni arie trapezoidala in sectiune transversala}$$

a unui fascicol de elemente combustibile nucleare **1** (m), cu dimensiunea radiala:

$$(R_g - r) = (n_f / 2\pi) \cdot (L - l); \quad R_g - \text{raza geometrica respectiv de constructie a zonei de reactie } R \text{ (m);}$$

d_s – distanta (m) intre fascicolele de elemente combustibile nucleare **1** aferenta penetratiilor

placilor dispozitivelor de control reactivitate si oprire **5,6**. Datele nucleare dimensionale ale

zonei de reactie R pentru 3 modele de reactor nuclear heterogen cilindric aplatizat si

supraregenerator izotopic $^{239}_{94}\text{Pu}$, sunt specificate conform tabel 4:

X_{238} :	0,90 (90%)	0,85 (85%)	0,80 (80%)
X_{239} :	0,10 (10%)	0,15 (15%)	0,20 (20%)
ρ_R (kg/m^3) :	11013	11050	11074
Y_{238} :	0,904	0,856	0,808
Y_{239} :	0,096	0,144	0,192
S ($\text{n}^\circ/\text{m}^3 \cdot \text{s}$) :	$699,0368 \cdot 10^{16}$	$823,9124 \cdot 10^{16}$	$948,5 \cdot 10^{16}$
R_a ($\text{n}^\circ/\text{m}^3 \cdot \text{s}$) :	$276,63 \cdot 10^{16}$	$314,97676 \cdot 10^{16}$	$353,163 \cdot 10^{16}$
R_d ($\text{n}^\circ/\text{m} \cdot \text{s}$) :	$19,83273 \cdot 10^{16}$	$19,821267 \cdot 10^{16}$	$19,802951 \cdot 10^{16}$
η :	2,527	2,6158	2,6857
$R_s = (\eta - 2)$:	0,527	0,6158	0,6857
B_m^2 (m^{-2}) :	21,29847	25,67624	30,063
B_g^2 (m^{-2}) :	20,6	24,861	29,1239
H (m) :	0,8715	0,7932	0,733
H_e (m) :	1,228	1,150	1,090
R (m) :	0,8715	0,7932	0,733
R_e (m) :	1,0495	0,9712	0,911
V_R (m^3) :	2,0784	1,567	1,2366
K :	1,02...1,04	1,02...1,04	1,02...1,04

$m_{238}(\text{kg}) :$	20601	14718	10956
$m_{239}(\text{kg}) :$	2289	2597	2739
$m_R(\text{kg}) :$	22890	17315	13695
$m_{ec}(\text{kg}) :$	0,753	0,688	0,637
$n_{ec} :$	30398	25167	21499
$n_{ecf} :$	1267	1049	896
$l(\text{m}) :$	0,090	0,081	0,075
$L(\text{m}) :$	0,338	0,289	0,267
$d_s (\text{m}) :$	0,02	0,02	0,02
$r(\text{m}) :$	0,420	0,387	0,364
$R_g(\text{m}) :$	1,291	1,180	1,097
$B_g(\text{m}^{-1}) :$	4,53857	4,9861	5,39666
$m_{cf} (\text{kg}) :$	954	722	571

Reactiile de absorbtie(captura neutronica, fisiune) ale neutronilor rapizi din grupurile energetice $g=1\dots 8$ in nucleele izotopilor fisionabili $^{238}_{92}\text{U}, ^{239}_{94}\text{Pu}$, au loc conform ecuatiilor cinetice diferentiale: $-(dN_{238}/dt) = N_{238} \cdot \sum_{g=1}^{g=8} (\sigma_{ag238} \cdot \Phi_g)$; $-(dN_{239}/dt) = N_{239} \cdot \sum_{g=1}^{g=8} (\sigma_{ag239} \cdot \Phi_g)$. Ecuatiile integrale aferente: $N_{238} = N_{238}^0 \cdot \exp[-\sum_{g=1}^{g=8} (\sigma_{ag238} \cdot \Phi_g) \cdot t]$; $N_{239} = N_{239}^0 \cdot \exp[-\sum_{g=1}^{g=8} (\sigma_{ag239} \cdot \Phi_g) \cdot t]$; N_{238}^0, N_{239}^0 – densitatile/concentratiile initiale ale izotopilor fisionabili $^{238}_{92}\text{U}, ^{239}_{94}\text{Pu}$ in masa de combustibil nuclear critic (nuclee/ m^3); N_{238}, N_{239} – densitatile/concentratiile izotopilor fisionabili la un moment de timp, in masa de combustibil nuclear iradiat (nuclee/ m^3); $\sigma_{ag238}, \sigma_{ag239}$ – sectiuni microscopice de absorbtie ale neutronilor rapizi din grupul energetic g in nucleele izotopilor fisionabili (m^2); Φ_g – spectru neutronic al grupului energetic g corespunzator coeficientului spectral χ_g al izotopilor fisionabili ($\text{n}^\circ/\text{m}^2 \cdot \text{s}$); \exp – functia exponentiala; d/dt – operator derivata de ordin 1 in raport cu timpul $t(\text{s}^{-1})$. Reactiile de fisiune cu neutroni rapizi din grupurile energetice $g=1\dots 8$ ale nucleelor izotopilor fisionabili $^{238}_{92}\text{U}, ^{239}_{94}\text{Pu}$, au loc conform ecuatiilor cinetice diferentiale si integrale: $-(dN_{f238}/dt) = N_{f238} \cdot \sigma_{f1} \cdot \Phi_1 \rightarrow N_{f238} = N_{238}^0 \cdot \exp[-(\sigma_{f1} \cdot \Phi_1) \cdot t]$; $-(dN_{f239}/dt) = N_{f239} \cdot \sum_{g=1}^{g=8} (\sigma_{fg} \cdot \Phi_g) \rightarrow N_{f239} = N_{239}^0 \cdot \exp[-\sum_{g=1}^{g=8} (\sigma_{fg} \cdot \Phi_g) \cdot t]$; N_{f238}, N_{f239} – densitatile/concentratiile izotopilor $^{238}_{92}\text{U}, ^{239}_{94}\text{Pu}$ la momentul t in masa de combustibil nuclear (nuclee/ m^3); σ_{f1} – sectiunea microscopica de fisiune a nucleelor $^{238}_{92}\text{U}$ cu neutroni rapizi din grupul energetic $g=1$ si energia medie 2 MeV (m^2); Φ_1 – spectru neutronic al grupului energetic $g=1$ corespunzator coeficientului spectral χ_1 al izotopului $^{238}_{92}\text{U}$ ($\text{n}^\circ/\text{m}^2 \cdot \text{s}$); σ_{fg} – sectiunea microscopica de fisiune a nucleelor $^{239}_{94}\text{Pu}$ cu neutroni rapizi din grupurile energetice $g=1\dots 8$ (m^2). Reactivitatea $[(K-1)/K] < 20 \text{ mK}$ este compensata de placile de tantal ale dispozitivului de control reactivitate 5. Ecuatia cinetica diferentia pentru producerea/generarea $^{239}_{92}\text{U}^*$: $(dN_{239}^*/dt) = N_{238} \cdot \sum_{g=1}^{g=8} (\sigma_{vg238} \cdot \Phi_g) - \lambda^* \cdot N_{239}^* = N_{238}^0 \cdot \sum_{g=1}^{g=8} (\sigma_{vg238} \cdot \Phi_g) \cdot \exp[-\sum_{g=1}^{g=8} (\sigma_{ag238} \cdot \Phi_g) \cdot t] - \lambda^* \cdot N_{239}^*$; Ecuatia integrala: $N_{239}^* = \{ [N_{238}^0 \cdot \sum_{g=1}^{g=8} (\sigma_{vg238} \cdot \Phi_g)] / [\lambda^* - \sum_{g=1}^{g=8} (\sigma_{ag238} \cdot \Phi_g)] \} \cdot \{ \exp[-\sum_{g=1}^{g=8} (\sigma_{ag238} \cdot \Phi_g) \cdot t] - \exp(-\lambda^* \cdot t) \}$; In general: $\lambda^* \gg \sum_{g=1}^{g=8} (\sigma_{ag238} \cdot \Phi_g)$; N_{239}^* – densitatea/concentratia de nuclee $^{239}_{92}\text{U}^*$ in masa de combustibil nuclear la momentul de timp t (nuclee/ m^3); λ^* – constanta de dezintegrarea β^- a nucleelor excitate $^{239}_{92}\text{U}^*$ ($\lambda^* = 5 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$); la un timp $t = 10/\lambda^*$ se realizeaza concentratia maxima: $N_{239m}^* = (N_{238}^0 / \lambda^*) \cdot [\sum_{g=1}^{g=8} (\sigma_{vg238} \cdot \Phi_g)]$. Ecuatiile cinetice diferentiale

pentru generarea neptuniului(izotop $^{239}_{93}\text{Np}$) si prin realizarea concentratiei maxime $^{239}_{92}\text{U}^*$:

$$(dN_{Np}/dt)=[(\lambda^* \cdot N^*_{239})-(\lambda_{Np} \cdot N_{Np})]=N_{238}^0 \cdot \sum_{g=1}^{g=8} (\sigma_{\gamma g 238} \cdot \Phi_g) \cdot [1 - \exp(-\lambda^* \cdot t)] - (\lambda_{Np} \cdot N_{Np})$$

$$(dN_{Np}/dt)=(\lambda^* \cdot N^*_{239m}) - (\lambda_{Np} \cdot N_{Np}) = N_{238}^0 \cdot \sum_{g=1}^{g=8} (\sigma_{\gamma g 238} \cdot \Phi_g) - (\lambda_{Np} \cdot N_{Np}).$$

N_{Np} – densitatea/concentratia de nuclee $^{239}_{93}\text{Np}$ (nuclee/ m^3) in combustibilul nuclear iradiat ;

λ_{Np} – constanta de dezintegrare a nucleelor $^{239}_{93}\text{Np}$ ($\lambda_{Np} = 3,5 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$).Ecuatia integrala:

$$N_{Np} = [N_{238}^0 \cdot \sum_{g=1}^{g=8} (\sigma_{\gamma g 238} \cdot \Phi_g) / \lambda_{Np}] \cdot [1 - \exp(-\lambda_{Np} \cdot t)]. \text{La un timp } t=(10/\lambda_{Np}), \text{ se realizeaza}$$

$$\text{concentratia/densitatea maxima de nuclee } ^{239}_{93}\text{Np: } N_{Npm} = [N_{238}^0 \cdot \sum_{g=1}^{g=8} (\sigma_{\gamma g 238} \cdot \Phi_g)] / \lambda_{Np}.$$

Ecuatia cinetica diferentiala pentru supraregenerarea plutoniului (izotop $^{239}_{94}\text{Pu}$):

$$(dN_{239}/dt)=(\lambda_{Np} \cdot N_{Np}) - [N_{239} \cdot \sum_{g=1}^{g=8} (\sigma_{\alpha g 239} \cdot \Phi_g)] = N_{238}^0 \cdot \sum_{g=1}^{g=8} (\sigma_{\gamma g 238} \cdot \Phi_g) - N_{239} \cdot \sum_{g=1}^{g=8} (\sigma_{\alpha g 239} \cdot \Phi_g) =$$

$$N_{238}^0 \cdot \sum_{g=1}^{g=8} (\sigma_{\gamma g 238} \cdot \Phi_g) \cdot \exp[-\sum_{g=1}^{g=8} (\sigma_{\alpha g 238} \cdot \Phi_g) \cdot t] - N_{239} \cdot \sum_{g=1}^{g=8} (\sigma_{\alpha g 239} \cdot \Phi_g). \text{ Concentratia de}$$

supraregenerare $^{239}_{94}\text{Pu}$ (nuclee/ m^3):

$$N_{239} = \{N_{238}^0 \cdot \sum_{g=1}^{g=8} (\sigma_{\gamma g 238} \cdot \Phi_g) / [\sum_{g=1}^{g=8} (\sigma_{\alpha g 239} \cdot \Phi_g) - \sum_{g=1}^{g=8} (\sigma_{\alpha g 238} \cdot \Phi_g)]\} \cdot \{ \exp[-\sum_{g=1}^{g=8} (\sigma_{\alpha g 238} \cdot \Phi_g) \cdot t] - \exp[-\sum_{g=1}^{g=8} (\sigma_{\alpha g 239} \cdot \Phi_g) \cdot t] \}. \text{Datele nucleare sunt specificate conform tabel 5 prin utilizarea}$$

constantelor nucleare din tabelele 2,3:

N_{238}^0 (nuclee/ m^3):	$221 \cdot 10^{26}$	$209,5 \cdot 10^{26}$	$197,5 \cdot 10^{26}$
$\sum_{g=1}^{g=8} (\sigma_{\gamma g 238} \cdot \Phi_g)$: (n^0/s)	$0,1837 \cdot 10^{-10}$	$0,1837 \cdot 10^{-10}$	$0,1837 \cdot 10^{-10}$
$\sum_{g=1}^{g=8} (\sigma_{\alpha g 238} \cdot \Phi_g)$: (n^0/s)	$0,8221 \cdot 10^{-10}$	$0,8221 \cdot 10^{-10}$	$0,8221 \cdot 10^{-10}$
$\sum_{g=1}^{g=8} (\sigma_{\alpha g 239} \cdot \Phi_g)$: (n^0/s)	$4,3472 \cdot 10^{-10}$	$4,3472 \cdot 10^{-10}$	$4,3472 \cdot 10^{-10}$
t(s):	$3 \cdot 10^6$ (833 ore)	$3 \cdot 10^6$ (833 ore)	$3 \cdot 10^6$ (833 ore)
N_{239} (nuclee/ m^3):	$11,52 \cdot 10^{23}$	$10,92 \cdot 10^{23}$	$10,29 \cdot 10^{23}$

Prin introducerea placilor de tantal si carbura de bor **5a,6a** ale dispozitivelor de control reactivitatea si oprire **5,6** in zona de reactie **R** are loc o crestere a Laplaceanului geometric [$B_g^2(\text{m}^{-2})$] mai mare fata de Laplaceanul material $B_m^2(\text{m}^{-2})$ ($B_g^2 > B_m^2$ - reactor subcritic) si o antireactivitate [$\Delta\rho = (\Delta k/k) < 1$] conform expresiei: $\Delta B_g^2 = (1/R^2) \cdot (\omega^2 - j_0^2)$; ω^2 - constanta patratica ($\omega^2 > j_0^2$).Ecuatia cinetica diferentiala a neutronilor grupului energetic g in placa absorbanta **5a**: $d^2\Phi_p(x)/dx^2 - \lambda^2 \cdot \Phi_p(x) = 0$; $\Phi_p(x)$ - spectru neutronic al grupului g($\text{n}^0/\text{m}^2 \cdot \text{s}$) in placile absorbante **5a,6a** functia de variabila grosime x(m) a placii; λ^2 - parametru patratic (m^{-2}) respectiv inversul ariei de difuzie a neutronilor rapizi din grupul g si se determina conform expresiei: $\lambda^2 = (\sum_{\alpha p} / D_p)$; $\sum_{\alpha p}$ - sectiunea eficace macroscopica de absorbtie (m^{-1}) a neutronilor rapizi din grupul g in placa absorbanta **5a,6a** si se determina conform ecuatiei dimensionale: $\sum_{\alpha p} = N \cdot \sigma_{\alpha p} = (\rho \cdot N_A \cdot \sigma_{\alpha p}) / A$; N - densitatea/concentratia de nuclee absorbante (nuclee/ m^3) ale izotopilor ($^{181}_{73}\text{Ta}$, $^{10}_5\text{B}$, $^{155}_{64}\text{Gd}$, $^{157}_{64}\text{Gd}$) in placile **5a,6a** ale dispozitivelor de control reactivitate si oprire **5,6**; $\sigma_{\alpha p}$ - sectiunea microscopica (m^2) de absorbtie a neutronilor rapizi din grup g, aferenta izotopilor absorbanti din placile **5a,6a**; ρ - densitatea izotopilor absorbanti (kg/m^3); A - masa molară atomică a izotopilor absorbanti (kg/kmol); N_A - numărul lui Avogadro ($N_A = 6,023 \cdot 10^{26}$ nuclee absorbante/ kmol); D_p - coeficient de difuzie (m) al neutronilor rapizi din grupul g in nucleele izotopilor absorbanti din placile **5a,6a** ($g=1$, $E=2$ MeV; $D_g = 0,084$ m in $^{23}_{11}\text{Na}$) si se determina conform ecuatiei dimensionale: $D_p = (\lambda_p / 3) = 1 / (3 \cdot \sum_t) = 1 / (3 \cdot N \cdot \sigma_t)$; λ_p - lungimea de transport a neutronilor grupului g in placile **5a,6a** (m);

σ_t – sectiunea microscopica de transport (m^2) a neutronilor rapizi din grupul g pe nucleeele izotopilor absorbanti ai placilor **5a,6a** ; Σ_t – sectiunea eficace macroscopica de transport a neutronilor rapizi din grupul g pe nucleeele izotopilor absorbanti ai placilor **5a,6a** (m^{-1}) .

Ecuatia cinetica integrala: $\Phi_p = \Phi_g \cdot sh(\lambda \cdot x) = \Phi_g \cdot [exp(\lambda \cdot x) - exp(-\lambda \cdot x)]$; Φ_g – spectru neutronic al grupului g din zona de reactie R ($n^0/m^2 \cdot s$) ; sh , exp - functiile sinus hiperbolic, exponentiala.

Continuitatea spectrelor neutronice ca fluxuri si a densitatilor de curent neutronic, are loc conform egalitatilor: $\Phi_g(a/2) = \Phi_p(a/2)$; $D_g [d\Phi_g(x)/dx]_{x=a/2} = D_p [d\Phi_p(x)/dx]_{x=a/2}$; a – grosimea placilor absorbante **5a,6a** (m) ; Distanța de extrapolare d (m) a neutronilor rapizi ai grupului energetic g in placile absorbante **5a,6a** se determina conform ecuatiilor dimensionale:

$d = \{\Phi_g(a/2) / [d\Phi_g(x)/dx]_{x=a/2}\} = (D_g/D_p) \cdot \{\Phi_p(a/2) / [d\Phi_p(x)/dx]_{x=a/2}\}$; $D_g \cdot \Phi_p(a/2) = D_p \cdot \Phi_g \cdot sh(\lambda \cdot a/2)$

$\Phi_g \cdot D_p \cdot \lambda \cdot ch(\lambda \cdot x)_{x=a/2} = D_p \cdot \Phi_g \cdot \lambda \cdot ch(\lambda \cdot a/2)$; ch - functia cosinus hiperbolic;

$d = [D_g \cdot \Phi_g \cdot sh(\lambda \cdot a/2) / D_p \cdot \lambda \cdot \Phi_g \cdot ch(\lambda \cdot a/2)] = [D_g / (D_p \cdot \lambda)] \cdot th(\lambda \cdot a/2)$; th – functia tangenta hiperbolica.

Se elimina aerul cu o pompa de vid din schimbatorul de caldura **2** si tubulatura de curgere **2b**, se introduce sodiu metalic lichid topit la temperatura $400^\circ C \dots 600^\circ C$ respectiv incalzirea prin inductie electromagnetica in afara reactorului, incarcare la un grad de umplere 80% din volum, moment in care se porneste motorul electric **9d** si rotorul turbina **9** intra in rotatie la 1200...1250 rotatii/minut cu recircularea orizontala a agentului caloportor sodiu in schimbatorul de caldura **2**, schimbatorul de caldura **8** pentru transferul termic al caldurii din zona de reactie R constituind circuitul termic secundar al reactorului supragenerator. Viteza de recirculatie/pompare V_r (m/s) a agentului caloportor sodiu in circuitul termic primar respectiv secundar, efectuata de rotoarele **3,9** cu paletetele **3c,9b** se determina cu ecuatia dimensionala: $V_r = 2 \cdot \pi \cdot n \cdot r_p$; r_p – raza de rotatie a paletetelor **3c,9b** (m) ; n – turatia axelor **3a,9a** respectiv paletetelor **3c,9b** (rotatii/s). Debitul volumetric D_v (m^3/s) de agent caloportor sodiu pompat de rotoarele **3,9** cu paletetele **3b,3c,9b**, se determina cu ecuatia dimensionala: $D_v = V_r \cdot S_c = 2 \cdot \pi \cdot n \cdot r_p \cdot S_c$; S_c – sectiunea/suprafata de curgere a agentului caloportor sodiu printre fascicolele de combustibil nuclear **1** respectiv tubulatura de curgere **2b** (m^2). Puterea mecanica P (W) de actionare in rotatie a rotoarelor **3,9**, se determina conform ecuatiei dimensionale: $P = (\omega^3 \cdot J_o) = (8 \cdot \pi^3 \cdot n^3 \cdot J_o)$; ω – viteza unghiulara a paletetelor **3c,9b** (radiani/s) ; J_o – momentul de inertie al rotoarelor **3,9** ($kg \cdot m^2$), ce se determina conform ecuatiilor dimensionale: $J_o = (J_{o1} + J_{o2} + J_{o3})$; axe centrale **3a,9a**: $J_{o1} = (m_a \cdot R_a^2)$; m_a – masa ax (kg) ; R_a – raza ax (m). Tubulaturi cilindrice rotative **3d,9c** : $J_{o2} = (m_t/2) \cdot (R_{et}^2 - R_{it}^2)$; m_t – masa tubulatura (kg) ; R_{it} – raza interioara tubulatura (m) ; R_{et} – raza exterioara tubulatura (m). Palete radiale **3b,3c,9b**: $J_{o3} = (m_p/3) \cdot (R_{ep}^2 - R_{ip}^2)$; m_p – masa paletetelor (kg) ; R_{ep} – raza exterioara a paletetelor radiale (m) ; R_{ip} – raza interioara a paletetelor radiale (m). In cazul utilizarii unui variator de turatie in 6 trepte, sunt remarcabile ecuatiile dimensionale:

$(\omega_1 \cdot R_1) = (\omega_2 \cdot R_2) = (\omega_3 \cdot R_3) = (\omega_4 \cdot R_4) = (\omega_5 \cdot R_5) = (\omega_6 \cdot R_6)$; $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4, \omega_5, \omega_6$ – vitezele unghiulare ale rotilor dintate ale variatorului (radiani/s) ; $R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6$ – razele nominale de angrenare ale rotilor dintate din variator (m). $(P_2/P_1) = (R_1/R_2)^3$; $(P_3/P_1) = (R_1/R_3)^3$; $(P_4/P_1) = (R_1/R_4)^3$; $(P_5/P_1) = (R_1/R_5)^3$; $(P_6/P_1) = (R_1/R_6)^3$; $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6$ – puteri mecanice (W) in fiecare treapta a variatorului ; P_1 – puterea motoarelor electrice de actionare (W) ; P_6 – puterea ce trebuie realizata (W) pentru axele rotoarelor **3,9**. Proces nuclear al izotopului $^{23}_{11}Na$ in zona de reactie

R si schimbatoarele de caldura 2,8: captura neutronica radiativa si dezintegrarea β^- :

$^{23}_{11}\text{Na}(n,\gamma)^{24}_{11}\text{Na}^*(\beta^-, \gamma)^{24}_{12}\text{Mg}$. Ecuatia cinetica diferentiala:

$(dN^*/dt) = N \cdot \sum_{g=1}^{g=8} (\sigma_{vg} \cdot \Phi_g) - (\lambda_{Na} \cdot N^*) = \sum_{g=1}^{g=8} (\sum_{vg} \cdot \Phi_g) - (\lambda_{Na} \cdot N^*)$; N – densitatea/concentratia de nuclee $^{23}_{11}\text{Na}$ (nuclee/m³); N^* - densitatea/concentratia de radionuclee $^{24}_{11}\text{Na}^*$ formate prin iradiere cu neutroni rapizi (nuclee/m³); λ_{Na} - constanta de dezintegrare β^- a radionucleelor $^{24}_{11}\text{Na}^*$ ($\lambda_{Na} = 1,283 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$); σ_{vg} – sectiunea microscopica de absorbtie/captura radiativa a neutronilor grupului energetic g in nucleele izotopului $^{23}_{11}\text{Na}$ (m²); \sum_{vg} – sectiunea macroscopica de absorbtie/captura radiativa a neutronilor grupului energetic g in nucleele izotopului $^{23}_{11}\text{Na}$ (m⁻¹). Ecuatia cinetica integrala: $N^* = [\sum_{g=1}^{g=8} (\sum_{vg} \cdot \Phi_g) / \lambda_{Na}] \cdot [1 - \exp(-\lambda_{Na} \cdot t)]$. La momentul de timp iradiere $t = (10/\lambda_{Na})$, se realizeaza concentratia maxima de radionuclee $^{24}_{11}\text{Na}^*$: $N^*_{max} = [\sum_{g=1}^{g=8} (\sum_{vg} \cdot \Phi_g) / \lambda_{Na}]$. Concentratia volumetrica maxima [C^*_{max} (grame/m³)] de radionuclee $^{24}_{11}\text{Na}^*$, se determina conform ecuatiei dimensionale: $C^*_{max} = (N^*_{max} \cdot A^*) / N_A$; A^* - masa molară atomică pentru $^{24}_{11}\text{Na}^*$ ($A^* = 24$ grame/mol); N_A - numărul Avogadro ($N_A = 6,023 \cdot 10^{23}$ radionuclee/mol atomic). Ecuatia cinetica diferentiala pentru productia nucleelor de magneziu (izotop $^{24}_{12}\text{Mg}$) prin dezintegrarea β^- a $^{24}_{11}\text{Na}^*$: $(dN_{Mg}/dt) = \lambda_{Na} \cdot N^* = \sum_{g=1}^{g=8} (\sum_{vg} \cdot \Phi_g) \cdot [1 - \exp(-\lambda_{Na} \cdot t)]$; N_{Mg} - densitatea nucleelor $^{24}_{12}\text{Mg}$ generate prin dezintegrarea (nuclee/m³). Ecuatia cinetica integrala:

$N_{Mg} = [\sum_{g=1}^{g=8} (\sum_{vg} \cdot \Phi_g) / \lambda_{Na}] \cdot \{(\lambda_{Na} \cdot t) + \exp(-\lambda_{Na} \cdot t) - 1\}$. La momentul $t = (10/\lambda_{Na})$, densitatea [N_{Mg} (nuclee/m³)] se determina conform ecuatiei dimensionale liniare:

$N_{Mg} = [\sum_{g=1}^{g=8} (\sum_{vg} \cdot \Phi_g) / \lambda_{Na}] \cdot [(\lambda_{Na} \cdot t) - 1]$. Concentratia volumetrica [C_{Mg} (grame/m³)] de nuclee $^{24}_{12}\text{Mg}$ se determina conform ecuatiei dimensionale: $C_{Mg} = (N_{Mg} \cdot A_{Mg}) / N_A$; A_{Mg} – masa molară atomică pentru izotop $^{24}_{12}\text{Mg}$ ($A = 24$ grame/mol). Datele nucleare sunt specificate conform tabel 6:

t(s):	$7,8 \cdot 10^5$ (9 zile)
N^*_{max} (nuclee $^{24}_{11}\text{Na}^*/\text{m}^3$):	$7,132 \cdot 10^{19}$
C^*_{max} (grame $^{24}_{11}\text{Na}^*/\text{m}^3$):	0,00284
N_{Mg} (nuclee $^{24}_{12}\text{Mg}/\text{m}^3$):	$64,188 \cdot 10^{19}$
C_{Mg} (grame $^{24}_{12}\text{Mg}/\text{m}^3$):	0,02556

Separarea izotopului $^{24}_{12}\text{Mg}$ se efectueaza prin distilare fractionata in vid a izotopului $^{23}_{11}\text{Na}$ intr-un proces periodic de incalzirea prin inductie electromagnetica la 850°C...890°C pentru vaporizarea sodiului si condensarea vaporilor. Pentru un element combustibil 1a cu geometrie cilindrica, ecuatia diferentiala de bilant termic in regim stationar cu densitatea volumetrica de putere constanta [q_v (W/m³)] si grosime diferentiala radiala [dr (m)] la distanta/raza r (m) fata de centrul elementului: $2 \cdot \pi \cdot H \cdot q_v \cdot r \cdot dr = Q_{r+dr} - Q_r$; Q_r, Q_{r+dr} – debite calorice (W) la dimensiunile r si $r+dr$ de centrul elementului combustibil si se determina conform ecuatiilor diferentiale: $Q_r = -2 \cdot \pi \cdot H \cdot \lambda \cdot (dT/dr)$; $Q_{r+dr} = Q_r + (dQ_r/dr) \cdot dr = -2 \cdot \pi \cdot H \cdot \lambda \cdot [r \cdot (d^2T/dr^2) + r \cdot (dT/dr) + (dT/dr)] \cdot dr \rightarrow (d^2T/dr^2) + (1/r) \cdot (dT/dr) + (q_v/\lambda) = 0$; $(dT/dr), (d^2T/dr^2)$ – gradient de temperatura T de ordin 1 respectiv ordin 2 in raport cu variabila raza (°C/m); H - inaltimea elementului combustibil 1a egala cu inaltimea critica (m); λ – conductivitatea termica medie a combustibilului nuclear (W/m.°C). Ecuatia integrala pentru densitatea volumetrica de putere termica: $q_v = 4 \cdot \lambda \cdot (T_m - T_s) / R^2$; T_m – temperatura

Antoni

maxima in centrul elementului combustibil($^{\circ}\text{C}$) ; T_s – temperatura la raza $R(m)$ a elementului combustibil($^{\circ}\text{C}$) .Debitul caloric $[Q_R(W)]$ la raza $R(m)$ a elementului combustibil:

$Q_R = (\pi \cdot H \cdot R^2 \cdot q_v) = 4 \cdot \pi \cdot H \cdot \lambda \cdot (T_m - T_s)$; Procesul de transfer termic prin peretele metalic cilindric al elementului combustibil de grosime $[g(m)]$ si prin agentul termic caloportor sodiu metalic lichid topit, se determina conform ecuatiilor dimensionale:

$Q_R = (\pi \cdot H \cdot R^2 \cdot q_v) = 4 \cdot \pi \cdot H \cdot \lambda \cdot (T_m - T_s) = [2 \cdot \pi \cdot H \cdot \lambda_p \cdot (T_s - T_p)] / \{\ln[(R+g)/R]\} = 2 \cdot \pi \cdot (R+g) \cdot H \cdot \alpha_1 \cdot (T_p - T_{a1})$;

T_p – temperatura peretelui metalic(teaca)($^{\circ}\text{C}$) ; T_{a1} – temperatura agentului caloportor sodiu($^{\circ}\text{C}$) in circuitul primar; λ_p – conductivitatea termica a peretelui metalic(teaca)($\text{W}/\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C}$)

α_1 – coeficient partial de transfer termic al caldurii in sodiu metalic lichid ca agent caloportor ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$) din circuitul primar; \ln – functia logaritm natural.Densitatea volumetrica de

putere $[q_v(\text{W}/\text{m}^3)]$ pe baza transferului termic, se determina conform ecuatiei dimensionale:

$q_v = (T_m - T_{a1}) / \{(R^2/4 \cdot \lambda) + (R^2/2 \cdot \lambda_p) \cdot \ln[(R+g)/R] + R^2/[2 \cdot (R+g) \cdot \alpha_1]\}$.Debitul caloric $[Q_R(W)]$ generat de zona de reactie cu n_{ec} elemente combustibile, se determina conform ecuatiei

dimensionale: $Q_R = \pi \cdot R^2 \cdot H \cdot n_{ec} \cdot q_v$.Ecuatia integrala a puterii termice $[Q_R(W)]$ pentru un element diferential $[dV(\text{m}^3)]$ din volumul zonei de reactie **R**:

$Q_R = E_f \iiint [Y_{238} \cdot \sum_{f1} \Phi_1 + Y_{239} \cdot \sum_{g=1}^{g=8} (\sum_{fg} \Phi_g)] \cdot dV = \iiint q_v \cdot dV = q_v \cdot V_R$; E_f - energia de fisiune [$E_f = 3 \cdot 10^{-11} (W \cdot s) / \text{fisiune}$] ; Y_{238}, Y_{239} – fractii de volum pentru $^{238}\text{UO}_2, ^{239}\text{PuO}_2$ (m^3/m^3) ;

V_R – volumul zonei de reactie **R** aferenta combustibilului nuclear(m^3).Densitatea volumetrica $[q_v(\text{W}/\text{m}^3)]$ de putere termica, se determina conform ecuatiei dimensionale:

$q_v = E_f \cdot [Y_{238} \cdot \sum_{f1} \Phi_1 + Y_{239} \cdot \sum_{g=1}^{g=8} (\sum_{fg} \Phi_g)]$.Pe baza constantelor nucleare(tabelele 2,3), datele dimensionale sunt specificate conform tabel 7:

Y_{238} :	0,904	0,856	0,808
Y_{239} :	0,096	0,144	0,192
^{238}U : $q_v(\text{W}/\text{m}^3)$:	$42,4 \cdot 10^6$	$40,1 \cdot 10^6$	$37,8 \cdot 10^6$
^{239}Pu : $q_v(\text{W}/\text{m}^3)$:	$27,6 \cdot 10^6$	$41,4 \cdot 10^6$	$55,2 \cdot 10^6$
$q_v(\text{W}/\text{m}^3)$:	$70 \cdot 10^6$	$81,5 \cdot 10^6$	$93 \cdot 10^6$
$V_R(\text{m}^3)$:	2,078413	1,567031	1,236635
$Q_R(W)$:	$145 \cdot 10^6$ (145 MW _t)	$128 \cdot 10^6$ (128 MW _t)	$115 \cdot 10^6$ (115 MW _t)

Ecuatia diferentiala generala a transferului termic in schimbatoarele de caldura **2,8**:

$\rho_R \cdot C_p \cdot (dT/dt) = (q_v \cdot V_R) - K_T \cdot A_T \cdot (T_{a1} - T_{a2})$; ρ_R – densitatea medie a combustibilului nuclear mixt in zona de reactie **R**(kg/m^3) ; C_p – caldura specifica medie a combustibilului nuclear mixt in zona de reactie **R**($\text{J}/\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$) ; K_T – coeficient total de transfer termic din circuitul termic

primar in circuitul termic secundar($\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$) si se determina conform ecuatiei dimensionale:

$K_T = 1 / [(1/\alpha_1) + (\delta/\lambda_t) + (1/\alpha_2)]$; δ – grosimea peretilor tuburilor cilindrice verticale **2a,8a**(m);

λ_t – conductivitatea termica a peretilor metalici ai tuburilor cilindrice verticale

2a,8a($\text{W}/\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C}$) ; α_2 – coeficient partial de transfer termic din circuitul termic primar in circuit

termic secundar/tertiar($\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$) ; A_T – suprafata totala de transfer termic aferenta tuburilor cilindrice verticale **2a,8a**(m^2) ; T_{a1} – temperatura agentului termic caloportor sodiu in circuitul primar($^{\circ}\text{C}$) ; T_{a2} – temperatura agentului termic caloportor sodiu in circuitul

termic secundar aferent schimbatoarelor **2,8**($^{\circ}\text{C}$) ; (dT/dt) – viteza de crestere a temperaturii

T in timp t ($^{\circ}\text{C}/\text{s}$) . In caz izoterm : $(dT/dt) = 0 \rightarrow T$ – constanta.

Antun

→ $Q_R = (q_v \cdot V_R) = K_T \cdot A_T \cdot (T_{a1} - T_{a2})$. Diferenta de temperatura $[(T_{a1} - T_{a2}) (^{\circ}C)]$ intre circuitele termice primar si secundar, se determina conform ecuatiei dimensionale:

$(T_{a1} - T_{a2}) = (q_v \cdot V_R) / (K_T \cdot A_T)$. Procese nucleare de otravire izotopica a masei de combustibil nuclear cu izotopi produși de fisiune $^{149}_{60}\text{Nd}$, $^{149}_{61}\text{Pm}$, $^{149}_{62}\text{Sm}$ (stabil) ce posedă secțiuni microscopice mari de absorbție a neutronilor rapizi, conform reprezentării:

fisiune → $^{149}_{60}\text{Nd}(\beta^-, \gamma)$, $^{149}_{61}\text{Pm}(\beta^-, \gamma)$, $^{149}_{62}\text{Sm}$. Ecuatia cinetica diferentia la a izotopului $^{149}_{60}\text{Nd}$ generat prin fisiune cu neutroni rapizi de nucleele izotopilor fisionabili ^{238}U , ^{239}Pu :

$(dN_{Nd}/dt) = \eta_f \cdot [Y_{238} \cdot \sum_{f1} \cdot \Phi_1 + Y_{239} \cdot \sum_{g=1}^{g=8} (\sum_{fg} \cdot \Phi_g)] - (\lambda_{Nd} \cdot N_{Nd})$; N_{Nd} - densitatea/concentratia de nuclee izotopice $^{149}_{60}\text{Nd}$ (nuclee/m³); η_f - randament de fisiune $^{149}_{60}\text{Nd}$ ($\eta_f = 1,13\%$);

λ_{Nd} - constanta de dezintegrare β^- a nucleelelor izotopului $^{149}_{60}\text{Nd}$ ($\lambda_{Nd} = 9,62 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$). Ecuatia cinetica integrala: $N_{Nd} = \{\eta_f \cdot [Y_{238} \cdot \sum_{f1} \cdot \Phi_1 + Y_{239} \cdot \sum_{g=1}^{g=8} (\sum_{fg} \cdot \Phi_g)] / \lambda_{Nd} \cdot [1 - \exp(-\lambda_{Nd} \cdot t)]$; La un timp de dezintegrare $t = (10/\lambda_{Nd})$, se generează densitatea/concentratia maxima de radionuclee $^{149}_{60}\text{Nd}$, conform ecuatiei dimensionale: $N_{Nd}^m = \eta_f \cdot [Y_{238} \cdot \sum_{f1} \cdot \Phi_1 + Y_{239} \cdot \sum_{g=1}^{g=8} (\sum_{fg} \cdot \Phi_g)] / \lambda_{Nd}$.

Concentratia volumetrica maxima de nuclee $^{149}_{60}\text{Nd}$ [C_{Nd}^m (grame/m³)] se determina conform ecuatiei dimensionale: $C_{Nd}^m = (N_{Nd}^m \cdot A_{Nd}) / N_A$; A_{Nd} - masa molară atomică a $^{149}_{60}\text{Nd}$ ($A_{Nd} = 149$ grame/mol). Ecuatia cinetica diferentia la pentru izotopul $^{149}_{61}\text{Pm}$:

$(dN_{Pm}/dt) = (\lambda_{Nd} \cdot N_{Nd}^m) - (\lambda_{Pm} \cdot N_{Pm})$; N_{Pm} - densitatea/concentratia de nuclee

$^{149}_{61}\text{Pm}$ (nuclee/m³); λ_{Pm} - constanta de dezintegrare β^- a nucleelelor izotopului $^{149}_{61}\text{Pm}$

($\lambda_{Pm} = 3,5 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$). Ecuatia cinetica integrala: $N_{Pm} = [(\lambda_{Nd} \cdot N_{Nd}^m) / \lambda_{Pm}] \cdot [1 - \exp(-\lambda_{Pm} \cdot t)]$. La un timp de dezintegrare $t = (10/\lambda_{Pm})$, se generează densitatea/concentratia maxima de nuclee

izotopice $^{149}_{61}\text{Pm}$: $N_{Pm}^m = (\lambda_{Nd} / \lambda_{Pm}) \cdot N_{Nd}^m$. Concentratia volumetrica maxima [C_{Pm}^m (grame/m³)]:

$C_{Pm}^m = (N_{Pm}^m \cdot A_{Pm}) / N_A$; A_{Pm} - masa molară atomică a izotopului $^{149}_{61}\text{Pm}$ ($A_{Pm} = 149$

grame/mol). Ecuatia cinetica diferentia la pentru izotopul $^{149}_{62}\text{Sm}$: $(dN_{Sm}/dt) = \lambda_{Pm} \cdot N_{Pm}^m$

N_{Sm} - densitatea/concentratia de nuclee izotopice stabile $^{149}_{62}\text{Sm}$ (nuclee/m³). Ecuatia

integrala liniara pentru nucleele stabile $^{149}_{62}\text{Sm}$: $N_{Sm} = \lambda_{Pm} \cdot N_{Pm}^m \cdot t$; Concentratia volumetrica

[C_{Sm} (grame/m³)] : $C_{Sm} = (N_{Sm} \cdot A_{Sm}) / N_A$; A_{Sm} - masa molară atomică a izotopului $^{149}_{62}\text{Sm}$

($A_{Sm} = 149$ grame/mol). Pe baza constantelor nucleare din tabelele 2,3, datele izotopice sunt specificate conform tabel 8: (timp $t = 33$ zile = $2,86 \cdot 10^6$ s)

Y_{238} :	0,904	0,856	0,808
Y_{239} :	0,096	0,144	0,192
$Y_{238} \cdot \sum_{f1} \cdot \Phi_1$ (reactii/m ³ .s):	$141,096 \cdot 10^{16}$	$133,6045 \cdot 10^{16}$	$126,1126 \cdot 10^{16}$
$Y_{239} \cdot \sum_{g=1}^{g=8} (\sum_{fg} \cdot \Phi_g)$ [reactii/m ³ .s]:	$92,026 \cdot 10^{16}$	$138,039 \cdot 10^{16}$	$184,052 \cdot 10^{16}$
$(Y_{238} \cdot \sum_{f1} \cdot \Phi_1) + [Y_{239} \cdot \sum_{g=1}^{g=8} (\sum_{fg} \cdot \Phi_g)]$: (reactii/m ³ .s)	$233,122 \cdot 10^{16}$	$271,084 \cdot 10^{16}$	$310,1646 \cdot 10^{16}$
N_{Nd}^m (nuclee $^{149}\text{Nd}/\text{m}^3$):	$273,7 \cdot 10^{18}$	$318,4 \cdot 10^{18}$	$364,3 \cdot 10^{18}$
C_{Nd}^m (grame $^{149}\text{Nd}/\text{m}^3$):	0,0677	0,07876	0,09012
N_{Pm}^m (nuclee $^{149}\text{Pm}/\text{m}^3$):	$6412,5 \cdot 10^{18}$	$8596,8 \cdot 10^{18}$	$9836,1 \cdot 10^{18}$
C_{Pm}^m (grame $^{149}\text{Pm}/\text{m}^3$):	1,5854	2,1259	2,4254
N_{Sm} (nuclee $^{149}\text{Sm}/\text{m}^3$):	$64125 \cdot 10^{18}$	$85968 \cdot 10^{18}$	$98361 \cdot 10^{18}$
C_{Sm} (grame $^{149}\text{Sm}/\text{m}^3$):	15,854	21,259	24,254

Datorita proceselor de otravire izotopica cu $^{141}_{61}\text{Pm}$, $^{149}_{62}\text{Sm}$ este necesara o rezerva de reactivitate mai mare cu 3%. La o temperatura mai mare de 2000°C in centrul elementelor

Handwritten signature

combustibile **1a** are loc topirea si vaporizarea stratului cilindric metalic de bismut (p.t. 271°C, p.f. 1560°C), vaporii si izotopii gazosi produsi de fisiune ai kriptonului, xenonului ($^{87}_{36}\text{Kr}$, $^{89}_{36}\text{Kr}$, $^{133}_{54}\text{Xe}$, $^{135}_{54}\text{Xe}$, $^{137}_{54}\text{Xe}$, $^{139}_{54}\text{Xe}$) sunt aspirati prin orificiile suporturilor **1d** de curentul de heliu gazos (izotop stabil ^4_2He) in recirculatie si intra in adsorberul izotopic **10** prin conducta **10c**, are loc procesul de adsorbție izotopica ascendenta in carbon activat din cele 18 unitati de transfer de masa **10a**, gazul purtator heliu este evacuat prin conducta **10d** si recirculat de ventilator **10e** in spatiul reactorului nuclear, in proces continuu.

Volumul [$v_{ad}(\text{m}^3)$] de izotopi gazosi ai produsilor de fisiune adsorbiti in unitatile de transfer **10a** se determina conform ecuatiei dimensionale: $v_{ad} = S \cdot (X_1 - X_2) = G \cdot (Y_1 - Y_2)$; S - masa totala de carbon activat din cele 18 unitati de transfer **10a** (kg); G - volumul gazului purtator heliu (m^3); X_1 - volumul izotopilor gazosi produsi de fisiune pe unitatea de masa adsorbant (carbon activat) la intrare in adsorber **10** (m^3/kg); X_2 - volumul izotopilor gazosi produsi de fisiune pe unitatea de masa adsorbant la iesirea din adsorber **10** (m^3/kg); Y_1 - volumul izotopilor gazosi produsi de fisiune pe unitatea de volum gaz purtator heliu (m^3/m^3) la intrarea in adsorberul **10**; Y_2 - volumul izotopilor gazosi produsi de fisiune pe unitatea de volum gaz purtator heliu la iesirea din adsorberul **10** (m^3/m^3). Volumul specific gaz purtator heliu - adsorbant solid carbon activat, se determina conform ecuatiei dimensionale: $G/S = (X_1 - X_2)/(Y_1 - Y_2)$. Incarcarea si descarcarea la adsorbția maxima a straturilor granulare de carbon activat, se efectueaza prin conductele cu capace **10b** pentru fiecare unitate de transfer de masa. Masa de adsorbant cu produsi de fisiune kripton, xenon este depozitata in locatii subterane special amenajate si la temperaturi scazute pentru prevenirea desorbției. Prin aplicarea inventiei, se realizeaza urmatoarele avantaje:

- Recirculatia intensiva a agentului caloportor sodiu metalic lichid in 2 circuite termice, creste viteza transferului termic si se realizeaza un randament termic mai mare cu 10% la consumatorul endoterm (reactor chimic), fata de sistemele cunoscute;
- Raport de supragenerare mai mare fata de sistemele cunoscute prin cresterea concentratiei izotopului fisionabil $^{239}_{94}\text{Pu}$ in masa de combustibil nuclear;
- Grad de otravire izotopica mai mic cu 50% fata de sistemele cunoscute, procesul de otravire fiind dat numai de izotopii lantanidelor (prometiu, samariu, europiu, gadolinu);
- Stabilitate functionala prin controlul reactivitatii si reactorul nuclear supragenerator izotopic poate fi complet automatizat;
- Combustibilul nuclear al reactorului supragenerator este produs din compusii oxidici ai izotopilor $^{238}_{92}\text{U}$, $^{239}_{94}\text{Pu}$, $^{240}_{94}\text{Pu}$, $^{241}_{94}\text{Pu}$, $^{242}_{94}\text{Pu}$ obtinuti prin tehnologia de reprocesare a combustibilului CANDU iradiat;
- Reactorul nuclear supragenereaza preponderant $^{239}_{94}\text{Pu}$ prin conversia $^{238}_{92}\text{U}$ si prin reprocesarea continua a combustibilului iradiat determina productia si reproductia combustibilului MOX pentru reactorul nuclear energetic CANDU cu grad mare de iradiere (17000 $\text{MW}_{zi}/\text{tona}$) precum si reducerea rezervelor de uraniu natural cu peste 50%.

Bibliografie:

1. I.URSU . Fizica si tehnologia materialelor nucleare.Ed.Academiei R.S.R.Bucuresti.1982.Pag: 162...180,239.....262,284.....288,293....310 ;
2. N.MIHAILESCU.Teoria reactoarelor nucleare.Ed.Tehnica. Bucuresti.2003.Pag:111....113,166-167,278....280,360-361,525.....537, 686....698(anexe 4,5),774.....791,(anexa 23);
3. V.CUCULEANU.Fizica si calculul reactorilor nucleari cu neutroni rapizi.Ed.Tehnica. Bucuresti.1982.Pag:222....239,363....374,376.....393;
4. A.LECA,M.POP,N.STAN,A.BADEA,L.LUCA.Procese si instalatii termice in centrale nucleare electrice.Ed.Didactica si Pedagogica.Bucuresti. 1979. Pag:61..63,97....101,344....356;
5. **** STAS 6729/1 – 82.Fizica reactorilor nucleari.Terminologie;
6. *** STAS 6729/2 – 84. Tehnologia reactoarelor nucleare.Terminologie;
7. *** STAS 10027/3 – 75.Detectarea si masurarea prin mijloace electrice a radiatiilor ionizante.Subansambluri de detectare.Terminologie;
8. *** STAS 10027/1 – 85.Detectarea si masurarea prin mijloace electrice a radiatiilor ionizante.Ansambluri de masurarea a radiatiei.Terminologie.



RE V E N D I C A R I :

1. Reactor nuclear supraregenerator izotopic, **caracterizat prin aceea ca**, este format din zona de reactie (R) compusa din fascicole de elemente combustibile nucleare (1) schimbator de caldura axial-radial (2) ,rotor turbina de recirculatie interna a agentului caloportor sodiu lichid (3),tubulatura de aspiratie si recirculare sodiu lichid (4) ,dispozitiv de control reactivitate (5),dispozitiv de oprire reactor (6),zona de reactie (R) comunica cu dispozitiv de incarcare-descarcare fascicole de elemente combustibile nucleare (7),schimbator de caldura exterior (8) prin intermediul unui rotor de recirculatie orizontala a agentului caloportor sodiu lichid (9) si cu un adsorber izotopic (10).
2. Reactor nuclear supraregenerator izotopic,conform revendicarii 1,**caracterizat prin aceea ca**,aceasta zona de reactie (R) cu geometrie cilindrica are in capacul superior 24 penetratii trapezoidale pentru fascicole de elemente combustibile nucleare (1), 12 penetratii dreptunghiulare ale placilor dispozitivului de control reactivitate (5), 12 penetratii dreptunghiulare ale placilor dispozitivului de oprire reactor (6),in centrul capacului fiind pozitionat orificiul circular pentru asamblarea demontabila a rotorului turbina (3) de recirculare agent caloportor si in jurul rotorului (3) sunt asamblate aparate destinate detectarii de neutroni,spectru/flux neutronic in zona de reactie (R).
3. Reactor nuclear supraregenerator izotopic,conform revendicarii 1,**caracterizat prin aceea ca**,un fascicol de elemente combustibile nucleare (1) cu geometrie prismatica si sectiune transversala trapezoidala este format din 100.....1300 elemente combustibile (1a) asamblate in triunghi echilateral,2 placi dreptunghiulare verticale laterale (1b) pentru sustinerea elementelor combustibile, 6 placi trapezoidale orizontale (1c) pentru a sustine elemente combustibile (1a) cu placi laterale (1b) si a permite circulatia orizontala a agentului caloportor sodiu lichid printre placi (1b),(1c) si elemente combustibile (1a),un suport superior perforat (1d) pentru fascicol (1) in ansamblu si rol de incarcare fascicole (1) in zona de reactie (R) si in continuare,un element combustibil (1a) cu geometrie cilindrica este format din teaca de otel inoxidabil austenitic si combustibil nuclear oxidic in interiorul tecii format din 10%.....20% $^{239}\text{PuO}_2$, 80%.....90% $^{238}\text{UO}_2$, partea superioara a unui element combustibil (1a) este inchisa de un strat cilindric de metal usor fuzibil(bismut) ce devine strat lichid prin topire urmata de vaporizare si permite trecerea izotopilor gazosi ai kriptonului,xenonului produși de fisiune,in scopul prevenirii umflarii/deteriorarii elementului combustibil si reducerii reactivitatii.
4. Reactor nuclear supraregenerator izotopic,conform revendicarii 1,**caracterizat prin aceea ca**,acest schimbator de caldura (2) aferent zonei de reactie (R) cu geometrie toroidala si rol functional de transfer termic al caldurii generate de fascicole de elemente combustibile nucleare (1),(1a) prin intermediul agentului caloportor sodiu

lichid in recirculatie prin zona centrala a circuitului termic primar,energia termica fiind transferata unui schimbator de caldura (8) extern respectiv circuit termic secundar sodiu lichid in recirculatie orizontala cu rotor turbina (9) si acest schimbator (2) poseda 36...72 tuburi cilindrice verticale (2a) de transfer al caldurii din zona centrala a circuitului termic primar in circuit termic secundar.

5. Reactor nuclear supraregenerator izotopic,conform revendicarii 1,**caracterizat prin aceea ca**, acest rotor turbina de recirculatie interna (3) a agentului caloportor sodiu lichid,ascendent,radial si descendent prin zona centrala a circuitului termic primar cu rol functional de intensificare a transferului termic,este format din ax central rotativ (3a) pe care sunt asamblate nedemontabil 8 palete turbina (3b) inclinate ascendent la 30 grade fata de orizontala pentru pomparea ascendenta a agentului caloportor,4 palete dreptunghiulare verticale (3c) asamblate nedemontabil pe circumferinta axului rotativ (3a) sub unghi de 90 grade pentru pomparea radiala a agentului caloportor printre elemente combustibile (1a),placi (1b),(1c),fascicole combustibile (1),placi dreptunghiulare verticale (5a),(6a) pentru control reactivitate sau oprire reactor si descendent prin tuburi cilindrice verticale (2a) si in continuare,acest ax rotativ (3a) este asamblat nedemontabil intr-o tubulatura cilindrica concentrica (3d) presurizata cu gaz inert heliu pentru a reduce transferul termic de caldura in afara zonei de reactie (R) si acest rotor (3) este actionat in rotatie de mijloc tehnic (3e) prin intermediul unui variator de turatie in 6 trepte.
6. Reactor nuclear supraregenerator izotopic,conform revendicarii 1,**caracterizat prin aceea ca**, aceasta tubulatura (4) cu geometrie cilindro-conica si rol functional de aspiratie-recirculare agent caloportor sodiu lichid in rotor (3) si suport inferior pentru fascicole de elemente combustibile nucleare (1),poseda 4 orificii dreptunghiulare (4a) sub unghi de 90 grade in partea conica,tub cilindric de aspiratie (4b) asamblat nedemontabil si un suport circular (4c) cu 24 canale trapezoidale pentru fascicole de elemente combustibile nucleare (1).
7. Reactor nuclear supraregenerator izotopic,conform revendicarii 1,**caracterizat prin aceea ca**,acest dispozitiv de control reactivitate (5) cu rol functional de antireactivitate la cresterea puterii reactorului,este format din 12 placi dreptunghiulare verticale din tantal[$^{181}_{73}\text{Ta}(n,\gamma)^{182}_{73}\text{Ta}$] (5a) asamblate demontabil pe un cilindru metalic canelat (5b) care se deplaseaza axial pe o tubulatura metalica cilindrica dintata (5c) cu ajutorul unui mijloc tehnic (5d).
8. Reactor nuclear supraregenerator izotopic,conform revendicarii 1,**caracterizat prin aceea ca**,acest dispozitiv de oprire a reactorului (6) cu rol functional de antireactivitate totala in scopul opririi reactiilor de fisiune,capturii neutronice radiative,este format din 2 grupe a 12 placi dreptunghiulare verticale (6a) din carbura de bor[izotop $^{10}_5\text{B}$,grad de imbogatire 90%] intecuite in otel inoxidabil sau din otel inoxidabil cu 20%...30%

gadolinium ($^{155}_{64}\text{Gd}$, $^{157}_{64}\text{Gd}$), placi **(6a)** asamblate demontabil pe un cilindru metalic canelat **(6b)** care se deplaseaza axial pe o tubulatura metalica cilindrica dintata **(5c)** cu ajutorul unui mijloc tehnic **(6c)**.

9. Reactor nuclear supraregenerator izotopic, conform revendicarii 1, **caracterizat prin aceea ca**, acest dispozitiv telecomandat de incarcare-descarcare **(7)** fascicole de elemente combustibile nucleare **(1)**, este format din ax metalic vertical dintat **(7a)** pe care se deplaseaza axial un ax metalic orizontal dintat **(7b)** cu ajutorul unui mijloc tehnic **(7c)**, ax **(7b)** in deplasare radiala cu ajutorul unui mijloc tehnic **(7d)** pentru pozitionare si incarcare-descarcare fascicole **(1)** in zona de reactie **(R)** si acest dispozitiv **(7)** se deplaseaza circular pe circumferinta interioara a blocului cilindric al reactorului prin intermediul unor canale de ghidare dintate cu ajutorul unui ansamblu de mijloace tehnice **(7e)**, **(7f)**.
10. Reactor nuclear supraregenerator izotopic, conform revendicarii 1, **caracterizat prin aceea ca**, acest schimbator de caldura exterior **(8)** aferent circuitului termic secundar la un consumator endoterm, este format din 36.....72 tuburi metalice cilindrice verticale de transfer termic **(8a)**, conducta de intrare agent termic secundar **(8b)**, conducta de iesire agent termic secundar **(8c)** cu temperatura mai mare.
11. Reactor nuclear supraregenerator izotopic, conform revendicarii 1, **caracterizat prin aceea ca**, acest rotor de recirculatie orizontala **(9)** a agentului caloportor sodiu lichid pentru transfer termic al caldurii din zona de reactie **(R)** respectiv din circuitul termic primar in circuitul termic secundar la schimbator de caldura **(8)** printr-o tubulatura metalica **(2b)**, este format din ax metalic central rotativ **(9a)** pe care sunt asamblate nedemontabil 8 palete metalice dreptunghiulare verticale si radiale **(9b)** pe circumferinta axului **(9a)** sub unghi de 45 grade si acest ax **(9a)** este asamblat nedemontabil intr-o tubulatura metalica verticala cilindrica coaxiala **(9c)** presurizata cu gaz inert heliu pentru a reduce transferul de caldura in afara reactorului si in continuare, acest rotor **(9)** asamblat demontabil in interiorul unei tubulaturi cilindrice suport, este actionat in rotatie de un mijloc tehnic **(9d)**.
12. Reactor nuclear supraregenerator izotopic, conform revendicarii 1, **caracterizat prin aceea ca**, acest adsorber izotopic **(10)** vertical cu geometrie cilindrica si rol functional de adsorbție si retinere totala a izotopilor gazosi de kripton, xenon produși de fisiune, este format din 18 unitati de transfer de masa **(10a)** suporti metalici pentru carbon activat ca adsorbant, fiecare unitate de transfer are cel puțin 100 orificii circulare si incarcata cu adsorbant prin conducta cu capac **(10b)**, intrarea izotopilor gazosi in adsorber **(10)** printr-o conducta **(10c)**, iesirea gazului purtator heliu (^4_2He) prin conducta **(10d)**, gazul purtator fiind recirculat in blocul reactorului de un ventilator de putere **(10e)** ca mijloc tehnic.

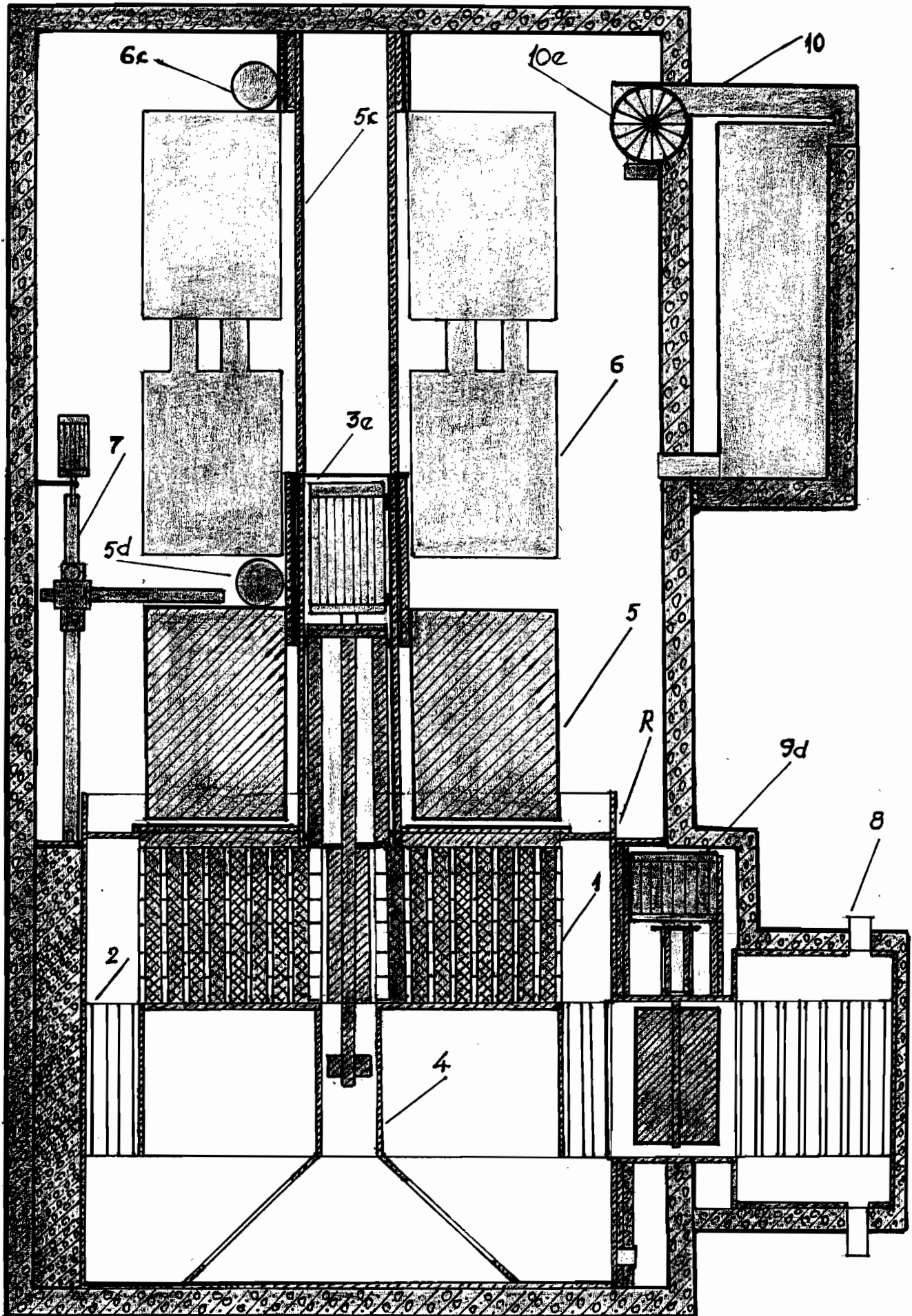


Figura 1

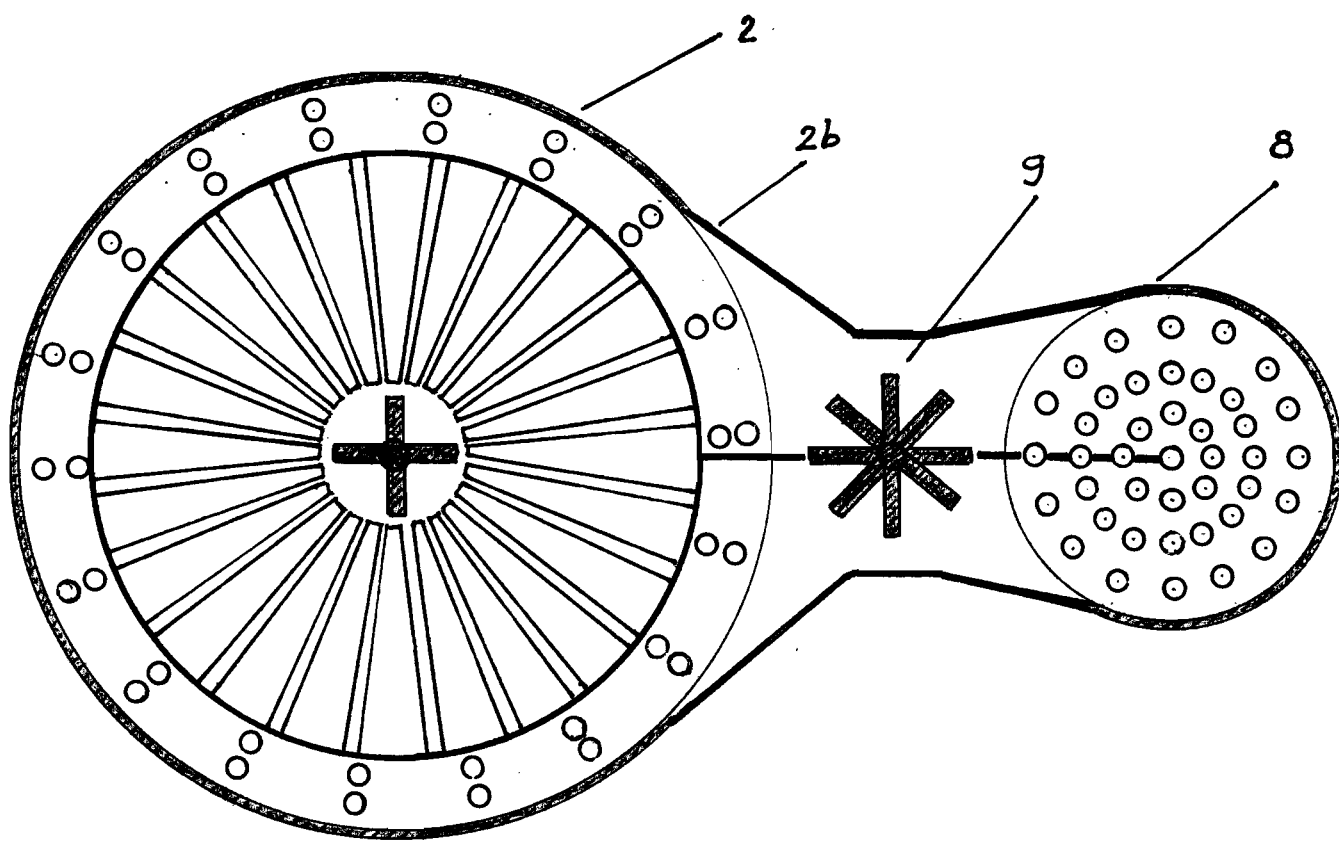


figura 2

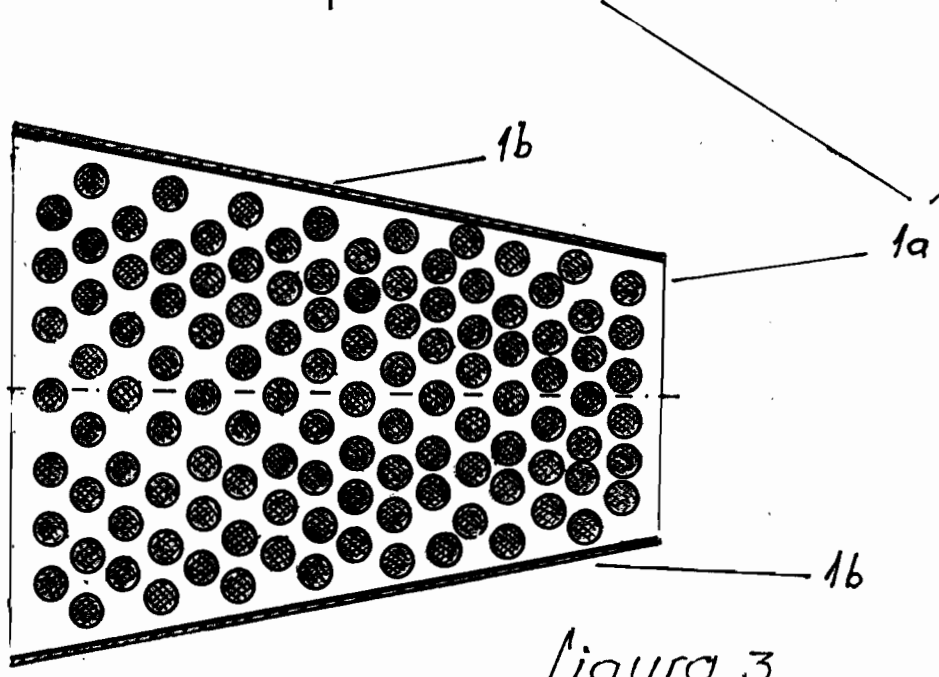
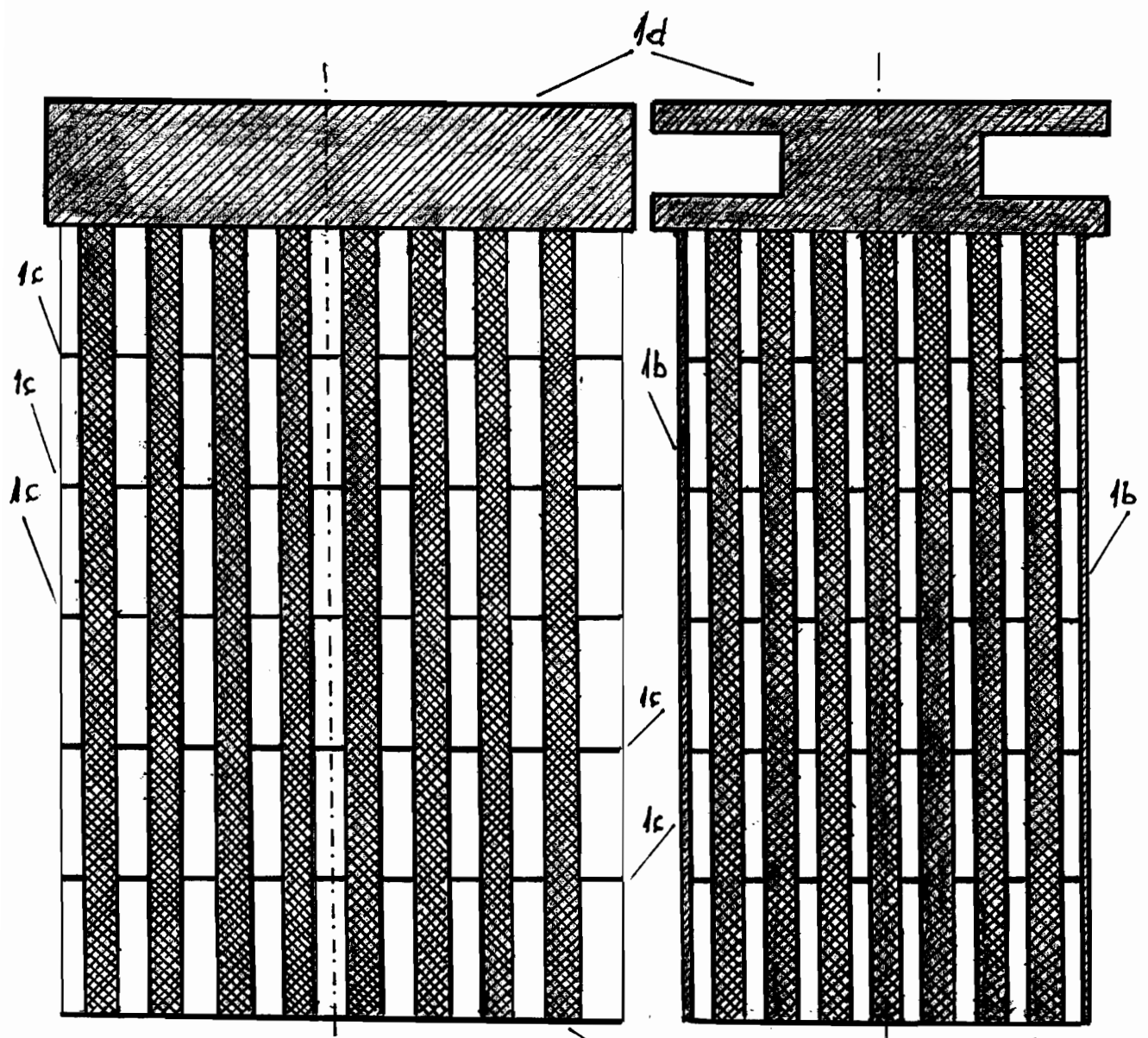


figura 3

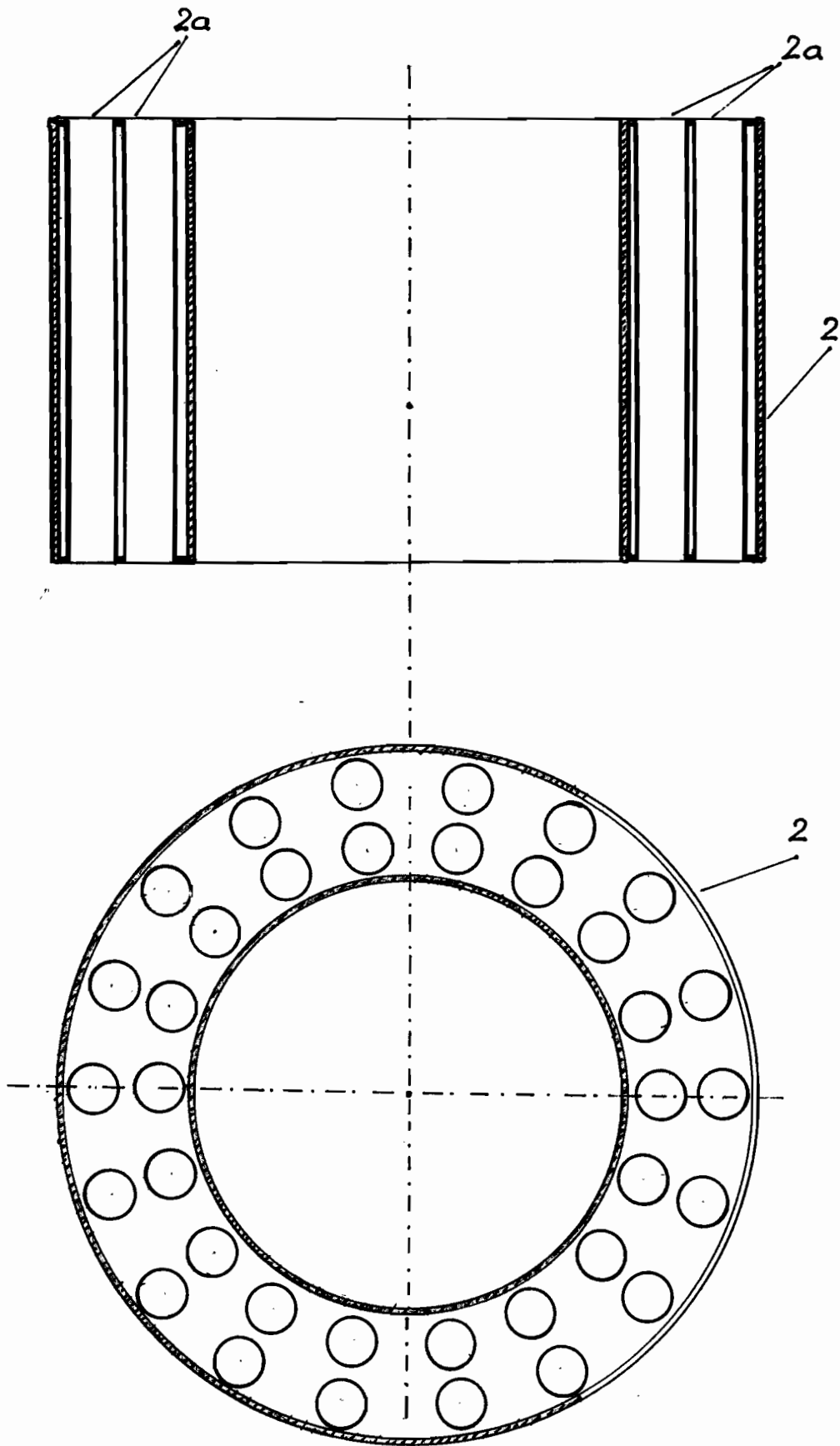


figura 4

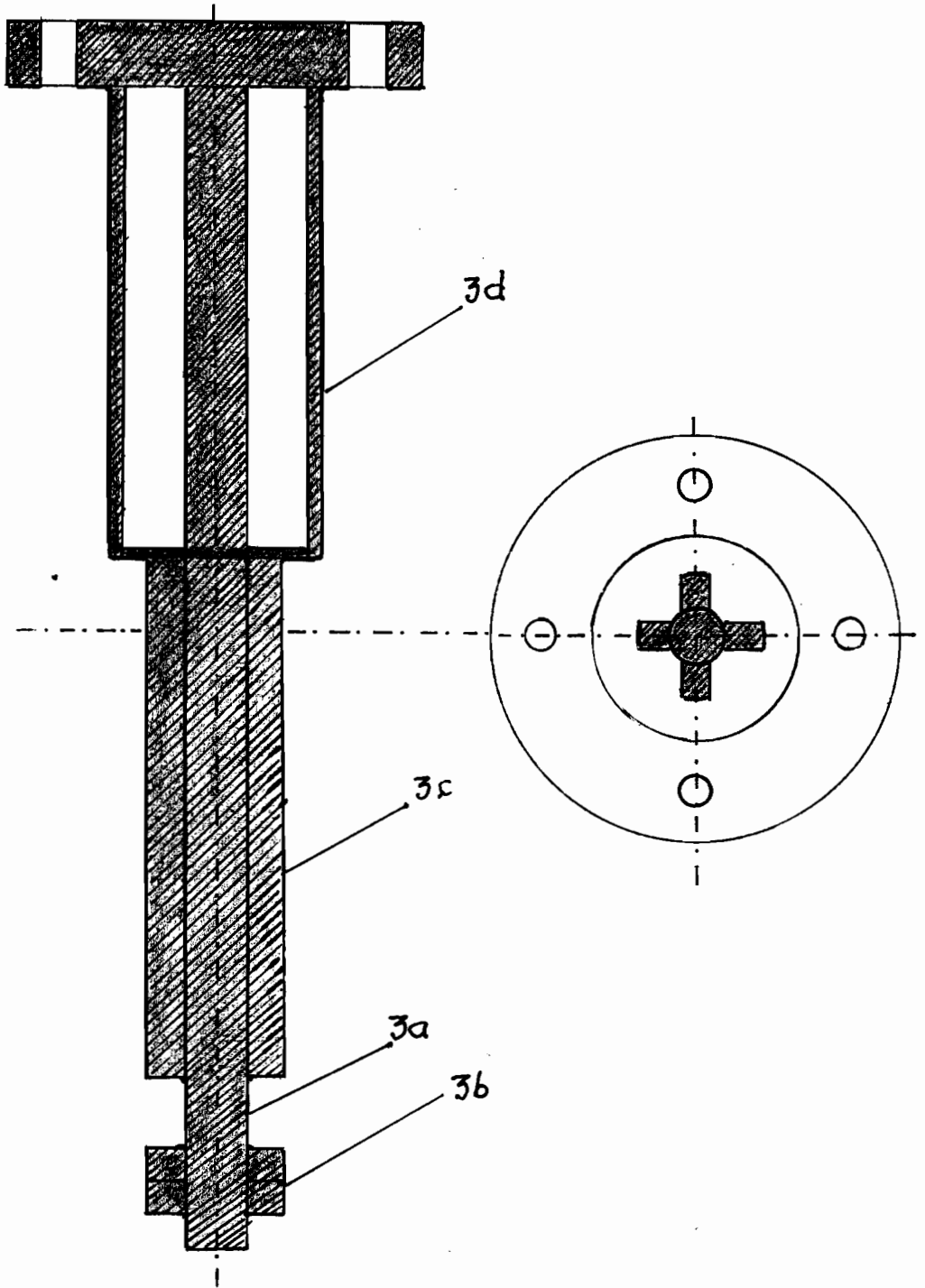


figura 5

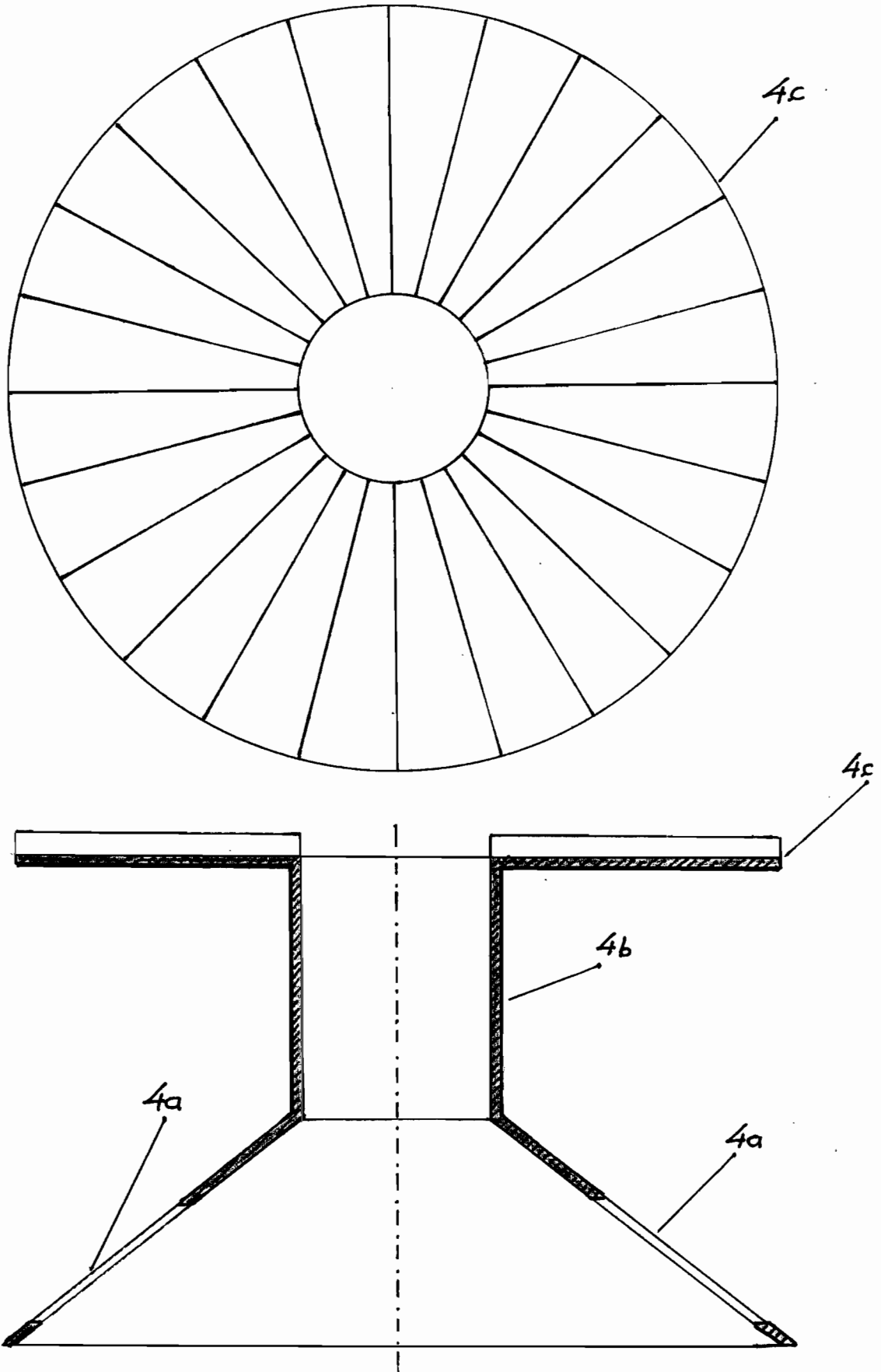


figura 6

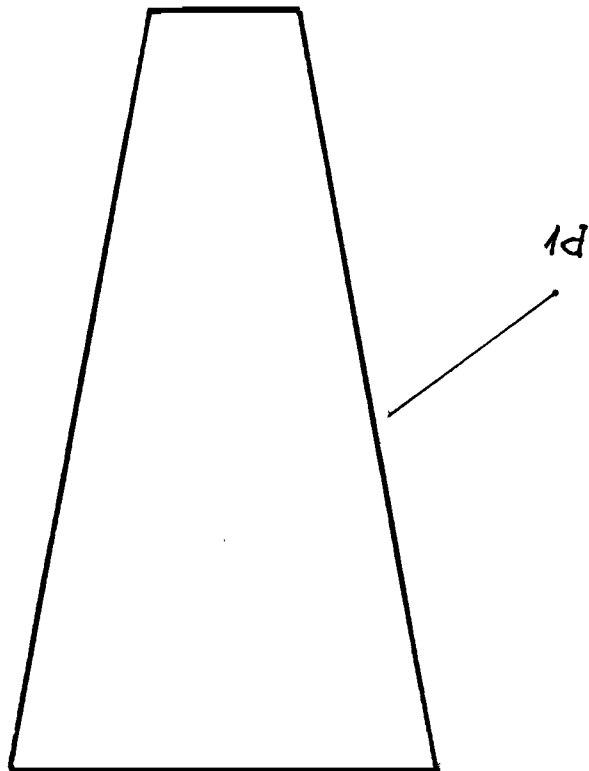
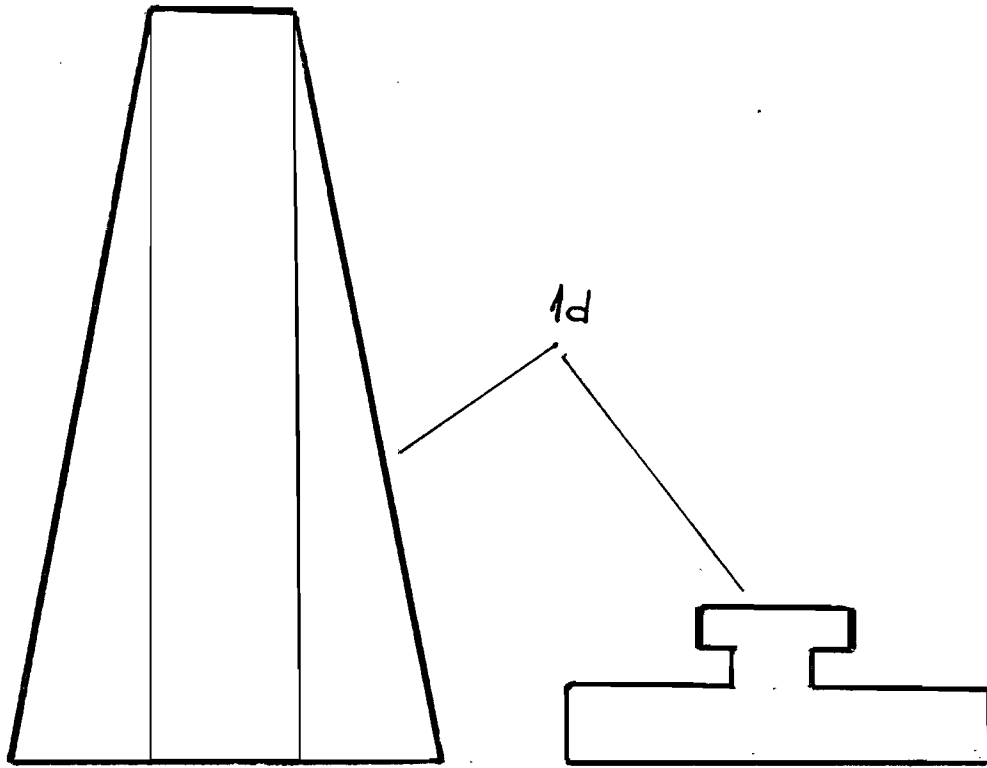


figura 7

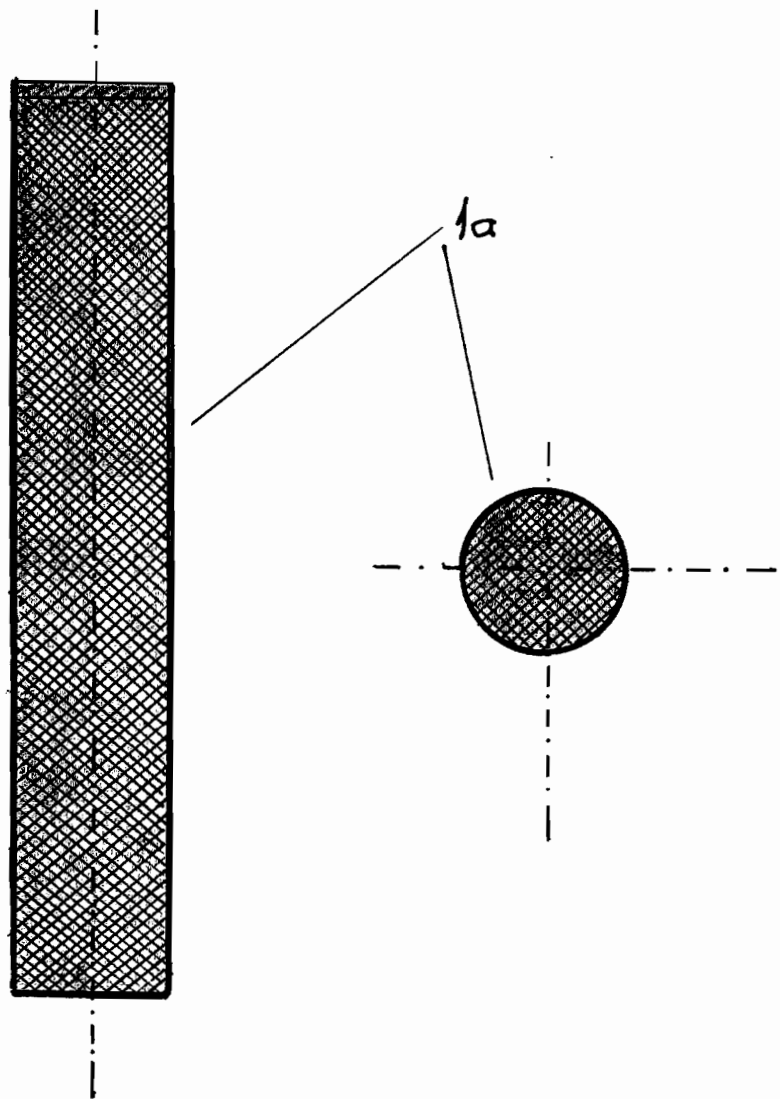


figura 8

92014--00722-
25-03-2014

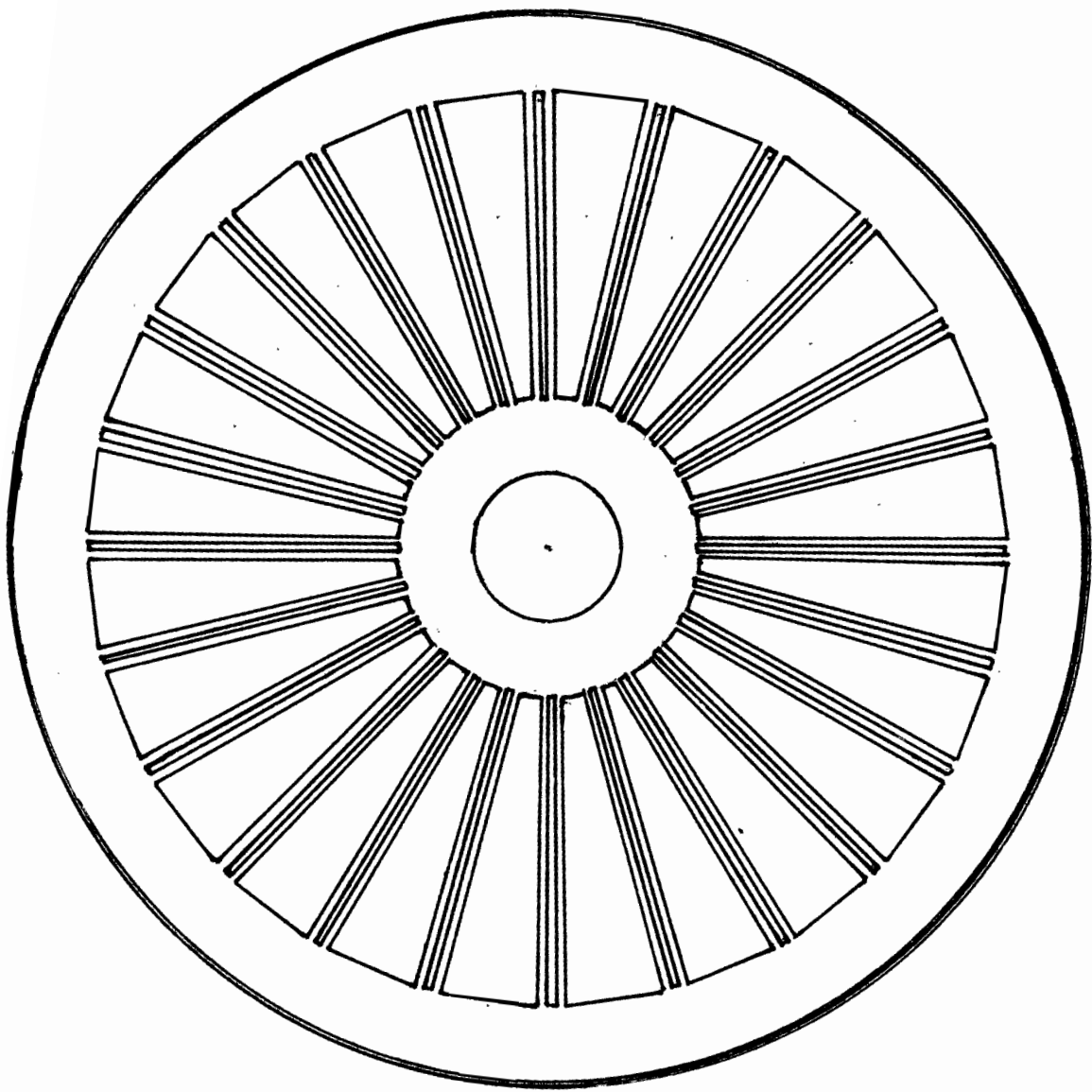


figura 9

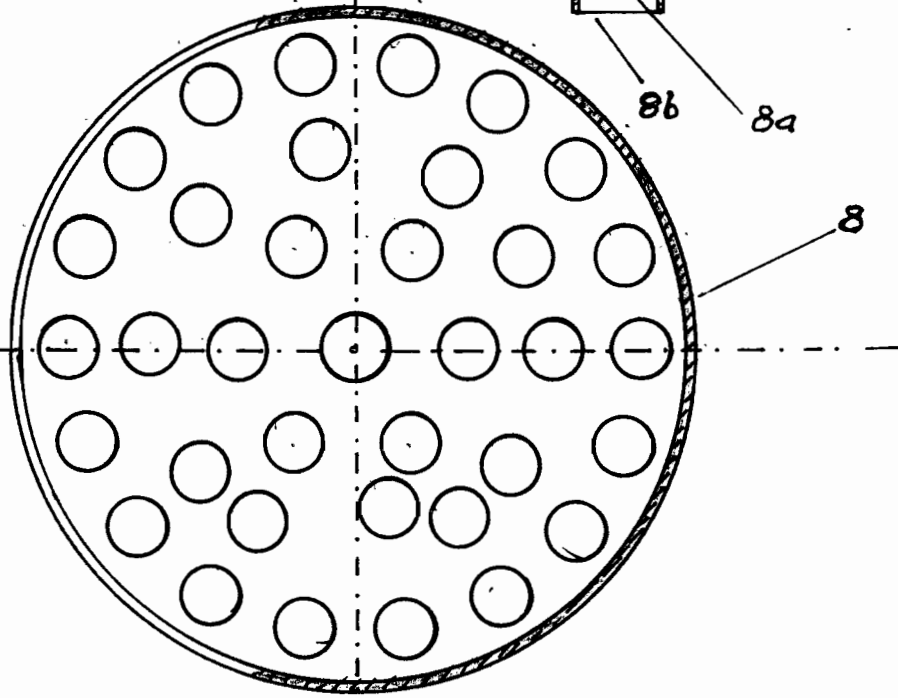
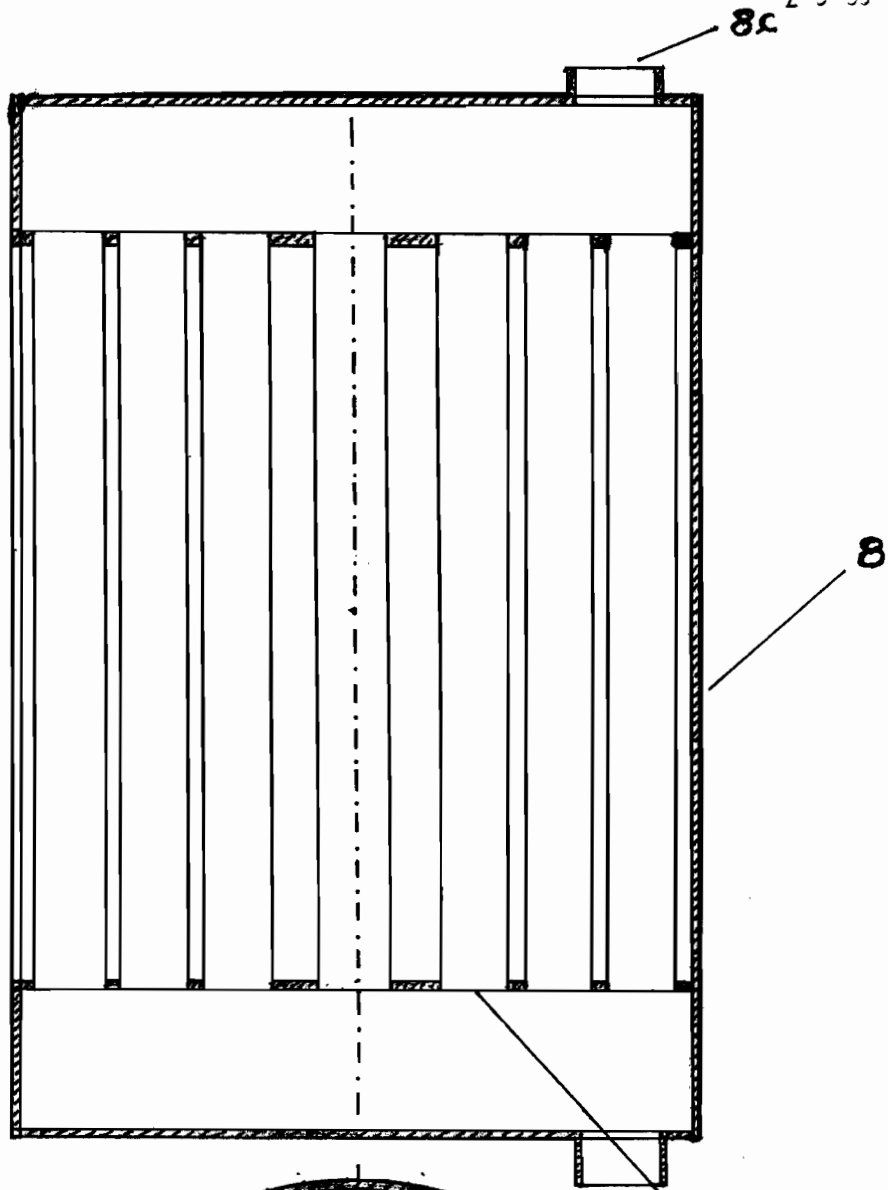


figura 10

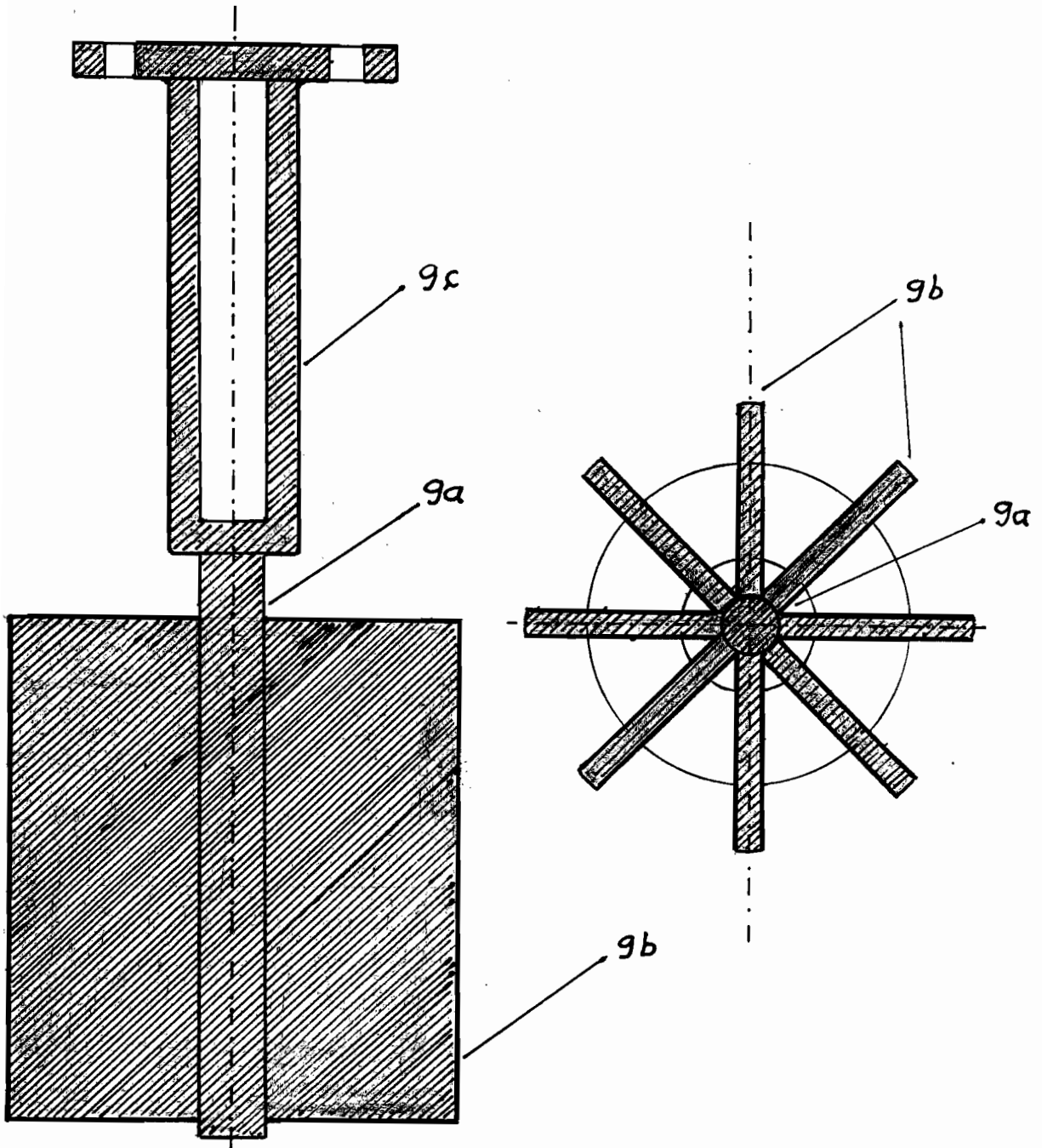


figura 11

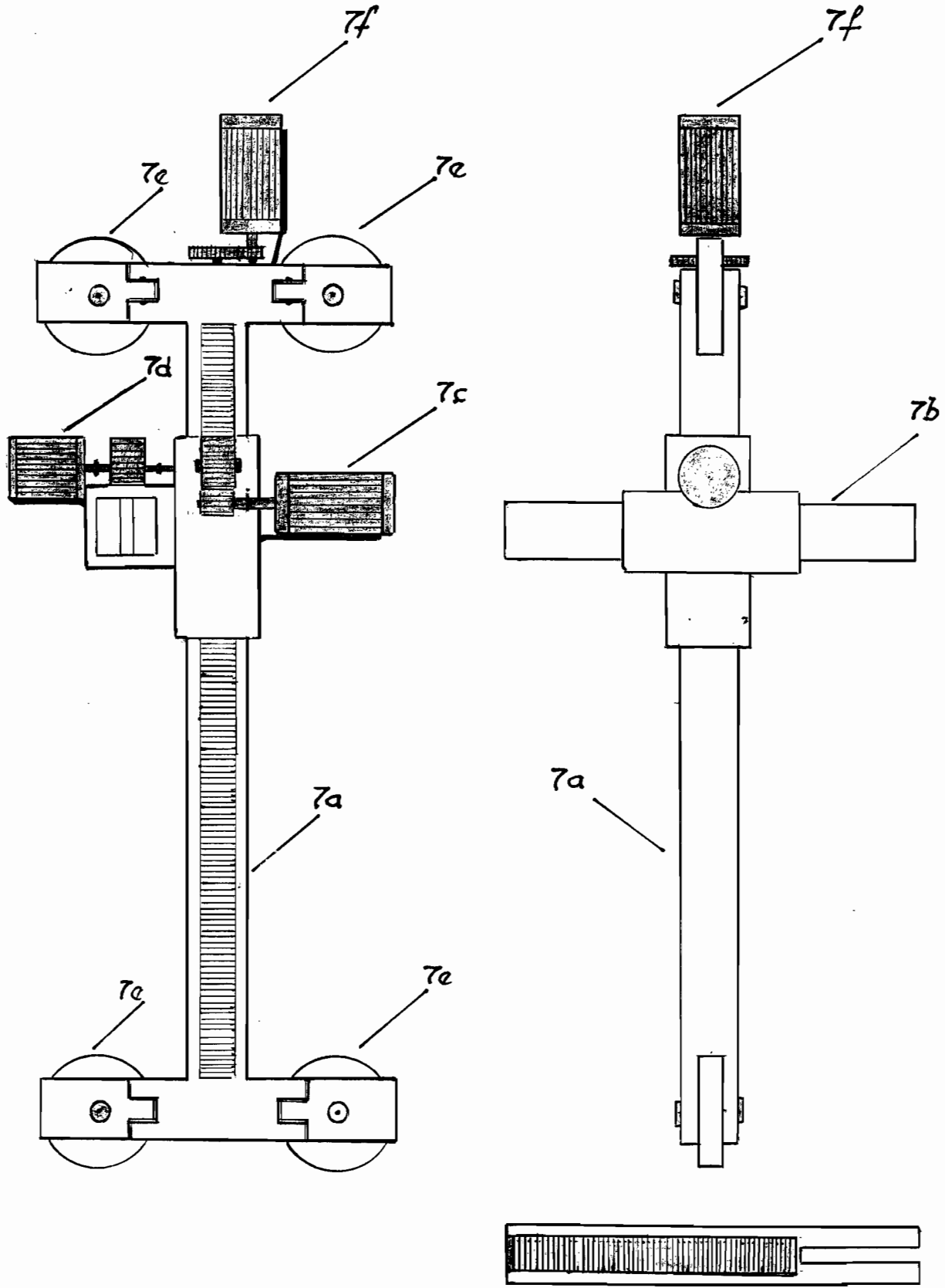


figura 12

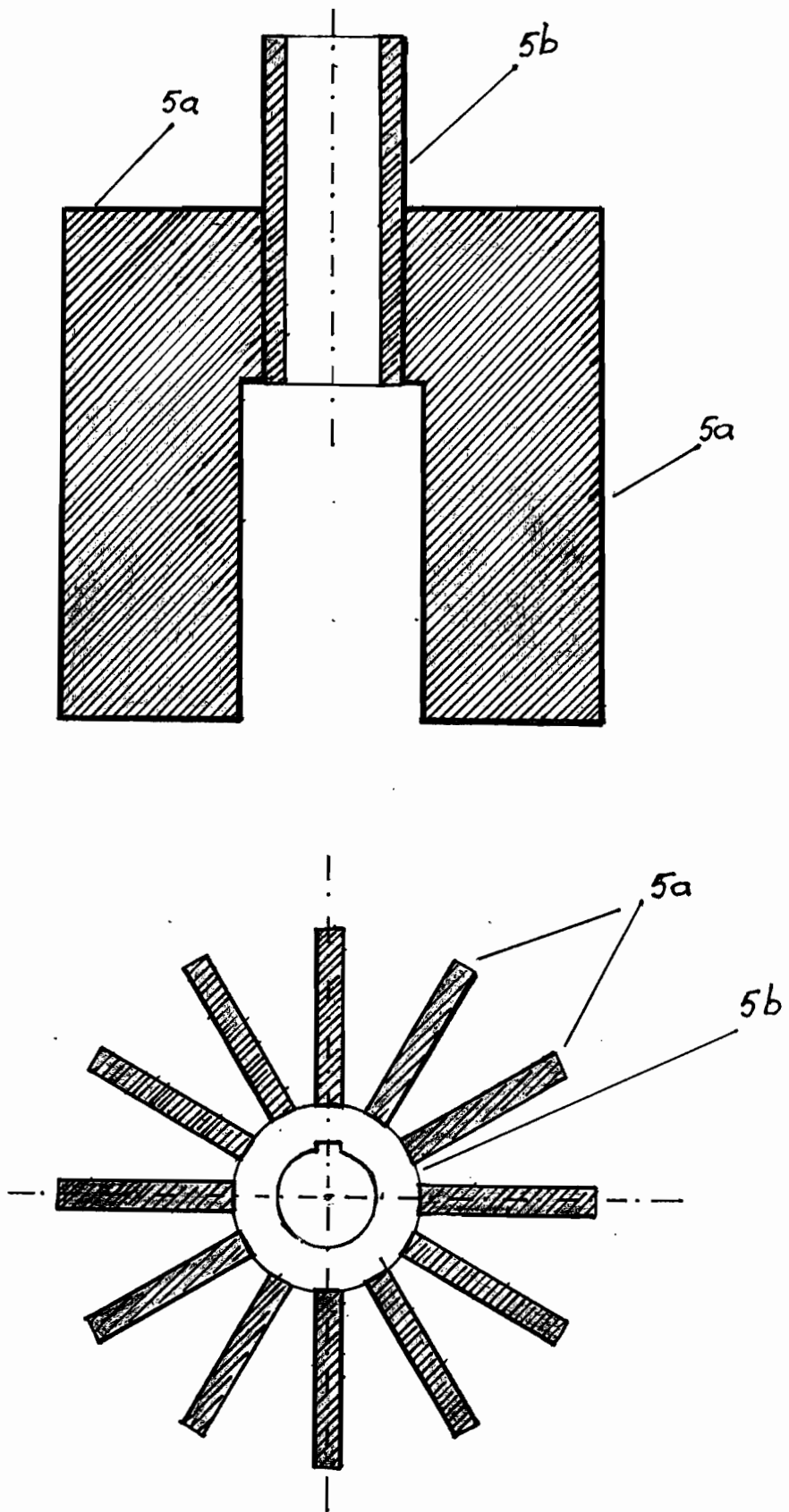


figura 13

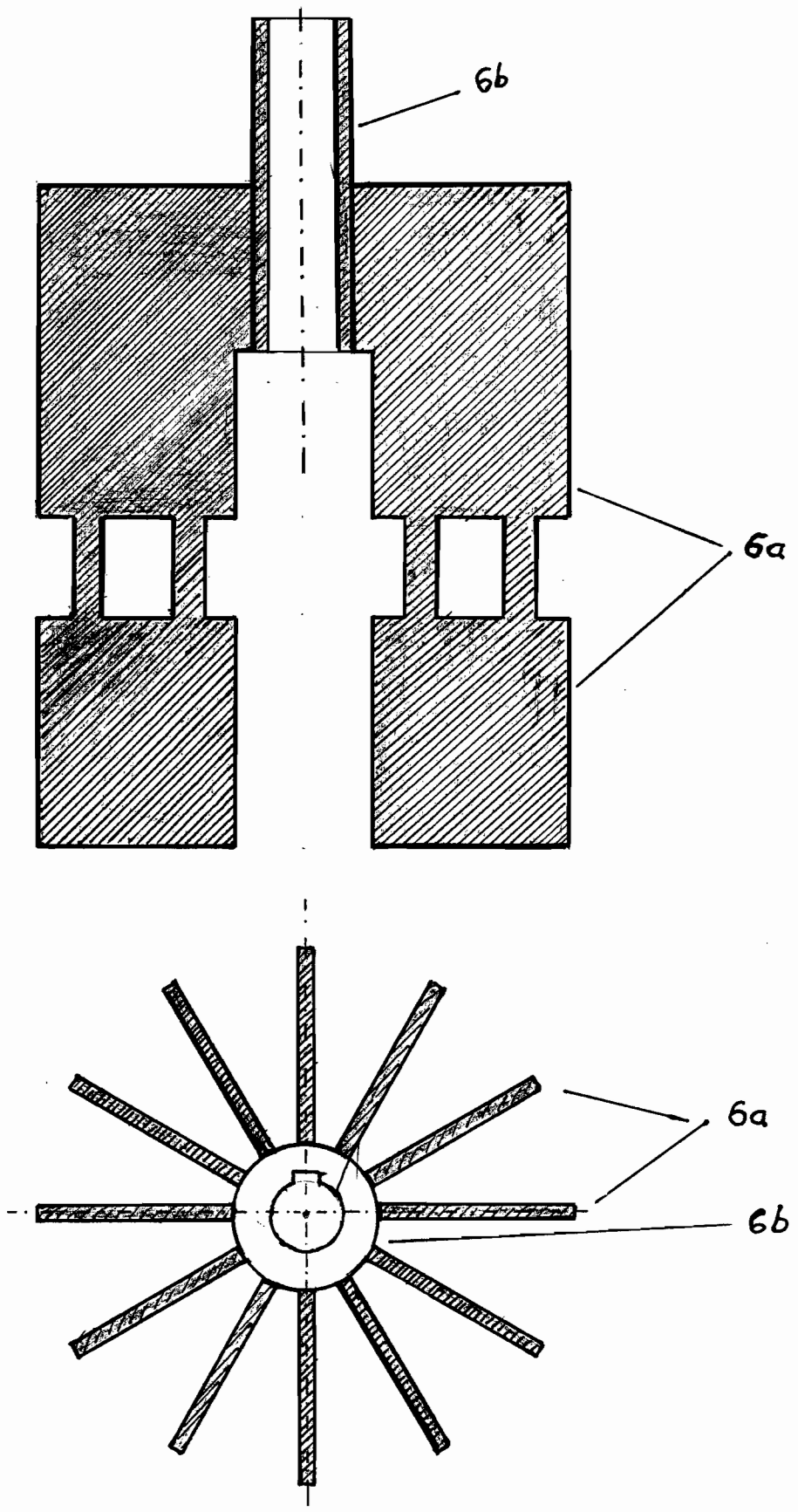


figura 14

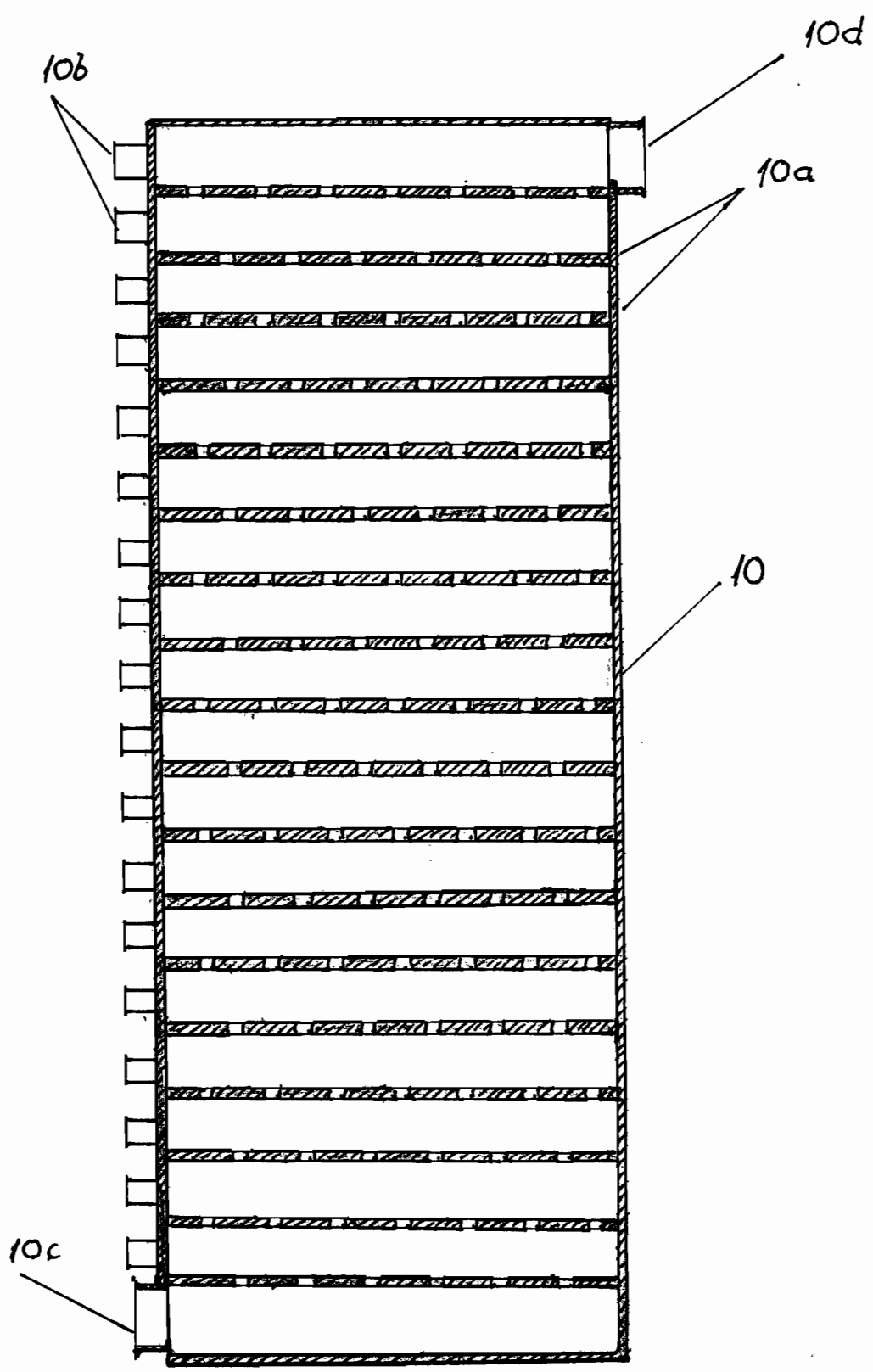


figura 15