



(12)

## BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2000 00457**

(22) Data de depozit: **28.04.2000**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30.12.2005** BOPI nr. **12/2005**

(30) Prioritate:

**03.05.1999 AR P99-01-02054**

(41) Data publicării cererii:

**28.02.2001** BOPI nr. **2/2001**

(73) Titular:

• **COMISION NACIONAL DE ENERGIA  
ATOMICA OF ARGENTINA,  
AV. DEL LIBERTADOR 8250,  
BUENOS AIRES, AR**

(72) Inventatori:

• **FLORIDO PABLO CARLOS,  
AV. DEL LIBERTADOR 8250,  
BUENOS AIRES, AR;**  
• **CIRIMELLO ROBERTO OMAR,  
AV. DEL LIBERTADOR 8250, BUENOS  
AIRES, AR;**  
• **BERGALLO JUAN ESTEBAN,  
AV. DEL LIBERTADOR 8250,  
BUENOS AIRES, AR;**

• **MARINO ARMANDO CARLOS,  
AV. DEL LIBERTADOR 8250  
BUENOS AIRES, AR;**

• **BRASNAROF DANIEL OSCAR,  
AV. DEL LIBERTADOR 8250  
BUENOS AIRES, AR;**

• **DELMASTRO DARIO FABIAN,  
AV. DEL LIBERTADOR 8250,  
BUENOS AIRES, AR;**

• **GONZALES JOSE HECTOR,  
AV. DEL LIBERTADOR 8250,  
BUENOS AIRES, AR;**

• **JUANICO LUIS EDUARDO,  
AV. DEL LIBERTADOR 8250,  
BUENOS AIRES, AR**

(74) Mandatar:

**PATENTMARK S.R.L.,  
STR. DR. N. TURNESCU NR. 2,  
SECTOR 5, BUCUREȘTI**

(56) Documente din stadiul tehnicii:  
**US 5009837, 4716015.**

## (54) ELEMENT COMBUSTIBIL, MODULAR, ADAPTABIL LA DIFERITE CENTRALE NUCLEARE, CU CANALE DE RĂCIRE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un element nuclear combustibil, modular, adaptabil la diferite centre nucleare cu canale de răcire. Elementul conform invenției cuprinde un grup de teci (1) consumabile, cilindrice, ale căror capete sunt etanșate cu ajutorul unor dopuri (3), sudate la rândul lor de o placă (6) de capăt, pentru separarea tecilor (1), fiind montate niște grile (15) cu autosusținere, care constau din niște distanțiere (17 și 18) rigide și respectiv flexibile, toate tecile (1) având același diametru, iar raportul dintre suprafața de transfer de căldură și suprafața transversală a fiecărei teci (1), definite pe unitatea de lungime, este mai mare de 330.

Revendicări: 14

Figuri: 7

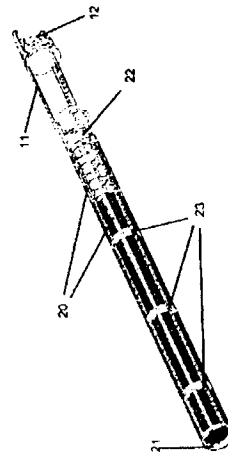


Fig. 5

Examinator: ing. CĂRSTEA CONSTANTIN



Orice persoană interesată are dreptul să formuleze în scris și motivat, la OSIM, o cerere de revocare a hotărârii de acordare a brevetului de invenție, în termen de 6 luni de la publicarea mențiunii acesteia

RO 120363 B1

1 Invenția se referă la un element combustibil, modular, adaptabil la diferite centrale  
nucleare, cu canale de răcire. Modulul este un fascicul de tije combustibile, paralele, montate  
3 sub formă de inele circulare concentrice și sprijinite pe un sistem structural. Acest sistem de  
asamblare face la rândul său posibilă aranjarea unui grup de elemente combustibile, având  
5 o lungime și o presiune hidraulică care pot fi adaptate.

Posibilitatea de utilizare a acestor module, în mod individual, în reactori cu apă grea  
7 sub presiune, cu canale de combustibil orizontale, trebuie menționată ca primul domeniu de  
aplicare a invenției. În acest caz, elementele combustibile sunt pur și simplu sprijinite în  
9 canale și plasate unul după altul, astfel încât să se completeze lungimea necesară. Este de  
asemenea posibil să se asambleze mai multe module și să se utilizeze în reactoarele cu apă  
11 grea sub presiune cu canale de combustibil verticale, ca și în alte aplicații.

Deși centralele nucleare din Argentina sunt de concepție similară (din punct de  
13 vedere fizic), cu cele dotate cu canale de combustibil răcite cu apă grea, ele au două  
variante de design, în special pentru elementele combustibile. Tipurile de elemente combus-  
15 tibile folosite, în mod curent, în centralele nucleare Embalse și Atucha I, aparțin Comisiei  
Naționale de Energie Atomică din Argentina. Aceste tipuri incluse în prezenta descriere sunt  
17 antecedentele cele mai apropiate și fac parte din stadiul tehnicii pentru elementele com-  
bustibile, conform cererii de brevet. Combustibilul folosit în ambele tipuri este uraniul natural  
19 și, de aceea necesitățile de întreținere a arderii (la înlocuire) și, în consecință, necesitățile  
termomecanice sunt mai mici de 8000 MWd/tona de  $UO_2$ .

21 În fig. 1a și, respectiv, b, sunt ilustrate lateral și o vedere în perspectivă, a unui ele-  
ment combustibil de la centrala nucleară Embalse (tipul orizontal). Acest element combustibil  
23 va fi denumit elementul combustibil 1 (FE 1). În fig. 2a și b, sunt ilustrate vederea principală  
și în secțiune transversală, ale unui element combustibil din centrala nucleară Atucha I (tipul  
25 vertical). Cel de al doilea element va fi denumit elementul combustibil 2 (FE 2).

FE 1 este un grup de 37 tuburi cilindrice din teci de zircaloy cu pereți subțiri, care se  
27 vor distruge pe peletele de oxid de uraniu 2, în timpul funcționării normale. Fiecare teacă  
este etanșată la ambele capete de către un dop 3, formând astfel o tijă combustibilă. La  
29 aceste teci se mai află sudate niște apendice rigide, pentru a asigura sprijinul pe canalul  
combustibil-așa numitele elemente de sprijin 4 și alte elemente - așa numitele distanțiere 5  
31 pentru a preîntâmpina deplasarea lor relativă în direcție transversală. La fiecare capăt al  
ansamblului se atașează o grilă 6, pentru a susține fasciculul de tije combustibile la locul lor.  
33 Aceste trei elemente reprezintă sistemul structural care menține modulul asamblat.

În fig. 2a și b, este ilustrat FE 2-elementul combustibil 2. Acest element combustibil  
35 are 37 tije neconsumabile atașate la o placă de sprijin 7 cu capătul superior, care este  
îmbinat la un fascicul de tuburi sau tije inferioare 8, atașate la rândul lor de un inel  
37 intermediar 9. Trei tije din oțel inoxidabil 10 sau tije superioare sunt montate pe acest inel și  
îmbinate la un element de cuplare 11, care sprijină întregul fascicul prin capătul său superior.

39 Pentru fixarea lor la canalul combustibil, sunt prevăzute niște tampoane rigide 12 și  
tampoane flexibile 13. Fasciculul de tije combustibile este menținut în stare asamblată prin  
41 niște grile distanțiere cu autosusținere 14, constituite din niște inele concentrice adiacente,  
plasate în poziții intermediare longitudinale. Aceste grile distanțier fixează tijele transversal  
43 și strâng fasciculul de tije, asigurând o rezistență mecanică mai mare, capabilă să satisfacă  
cerințele mecanice determinate de poziția verticală.

45 În ambele centrale nucleare, Atucha I și Embalse, canalele de combustibil sunt de  
asemenea diferite. Diametrul interior al canalului de combustibil, în prima centrală nucleară,  
47 este mai mare decât în cea de a doua. Canalele de combustibil în centrala Embalse sunt

# RO 120363 B1

|   |  |
|---|--|
| orizontale, iar elementele combustibile sunt sprijinite pe vasul de presiune al reactorului, prin niște tamponane de sprijin, în timp ce canalele de combustibil din centrala Atucha I sunt verticale, iar elementele combustibile sunt suspendate de capacul superior al vasului de presiune al reactorului.   | 1<br>3                                 |
| Deși ambele centrale nucleare folosesc reîncărcarea cu combustibil sub sarcină, ele diferă în ce privește numărul și lungimea elementelor realimentate. În centrala Embalse, dintr-un total de douăsprezece elemente combustibile, care formează canalul de 6 m lungime, două elemente sunt realimentate odată. Această caracteristică permite schimbarea lor axială. Dimpotrivă, schimbarea axială (prin tragere) nu este posibilă la centrala Atucha I, unde zona activă este constituită dintr-un singur element combustibil de 5,25 m lungime.  | 5<br>7<br>9                            |
| Proiectarea unui element combustibil este o fază fundamentală în schema unui reactor nuclear și rezultatul unui compromis, în principal, între fenomenele neutronice, termohidraulice și termomecanice. Pe scurt, performanța neutronică se îmbunătățește când masa de combustibil crește, întrucât neutronii generați într-un atom de combustibil au o mai mare probabilitate de a produce fisiunea într-un alt atom. Dimpotrivă, pentru a îmbunătăți performanțele termohidraulice și termomecanice, este recomandabil să se reducă masa combustibilă și să se prolifereze elementele combustibile (adică o mai mare suprafață și debit de transfer al răcitorului și un diametru mai mic al tijei). Trebuie subliniat că o tendință opusă la aceste fenomene apare dacă fasciculul de elemente combustibile este mai dispersat (diametru mai mic), pentru a mări suprafața de transfer a căldurii, menținând în același timp masa de combustibil (mai multe tije combustibile). Aceasta determină o reducere în debitul răcitorului, deoarece vor exista restricții hidraulice mai mari și, ca urmare, o reducere a limitelor de siguranță termohidraulice ale centralei nucleare. | 11<br>13<br>15<br>17<br>19<br>21<br>23 |
| Un element combustibil destinat să fie utilizat în centralele nucleare curente cu canale trebuie să stimuleze cele trei necesități mai sus amintite. Totuși, masa combustibilului și pierderea hidraulică în canale trebuie să fie menținute, astfel încât distribuția fluxului de neutroni și a debitului agentului de răcire în reactor să nu fie deranjate.  | 25<br>27                               |
| Aceasta permite prezența mai multor tipuri de elemente combustibile în miezul reactorului și schimbarea lor în timpul înlocuirilor de rutină, fără a afecta timpul de utilizare și funcționarea reactorului.  | 29                                     |
| În primul element combustibil FE1, raportul între suprafața de transfer de căldură și suprafața transversală a tijei este de aproximativ 300, în timp ce în cel de al doilea element combustibil (FE2), este 327.   | 31<br>33                               |
| Din aceste situații se poate constata că, la tipurile anterioare de elemente combustibile, era imposibil să se atingă un raport mai mare de 330.  | 35                                     |
| Problema rezolvării cu un singur tip de element combustibil de mare performanță, care să poată fi adaptat la diferite centrale nucleare curente, constă în menținerea simultană a compatibilității neutronice și hidraulice ca și a compatibilității cu mașina de realimentare în fiecare centrală. Totuși, raportul suprafeței de transfer de căldură la aria transversală a tijei combustibile va trebui să fie îmbunătățit, pentru a se obține o valoare mai mare de 330. În același timp, limitele de siguranță termohidraulice și termomecanice vor trebui să fie relansate, pentru a se obține arderi mai intense cu uraniu îmbogățit.  | 37<br>39<br>41                         |
| În prezent, un nou element combustibil, care urmează a fi cunoscut ca elementul combustibil 3 (FE3), se propune a fi folosit în reactorul nuclear cu canale orizontale. S-au folosit două diametre ale tijelor combustibile, menținându-se aceeași lungime a primului element 1, pentru a se satisface cerințele de mai sus. Noul element majorează cu 5,4% suprafața de schimb de combustibil și de agent de răcire, comparativ cu FE1, dar menține restricția hidraulică în canal.  | 43<br>45<br>47                         |

# RO 120363 B1

1 Fără îndoială că masa combustibilă va fi mai redusă decât în FE1; ca urmare,  
problemele anterioare nu vor fi rezolvate complet. Menținând distanțierile sudate la teci, FE3  
3 are mai multe tije combustibile consumabile și, de aceea, mai multe suduri pe teci, fapt ce  
reduce rezistența mecanică. Pe de altă parte, componenții acestui element combustibil sunt  
5 mai variați, din moment ce ei necesită două tipuri diferite de teci, pelete, elemente com-  
bustibile și dopuri, printre alte elemente.

7 Aceste obstacole se elimină cu elementul combustibil și sistemul de asamblare al  
invenției descrise în cele ce urmează, concomitent cu îmbunătățiri substanțiale, în perfor-  
9 manțele neutronice, termohidraulice și termomecanice, comparativ cu elementele combus-  
tibile anterioare FE1, FE2 și FE3. Zona de răcire este mărită, în timp ce se reduce diametrul  
11 tije combustibile și, în același timp, devine posibilă menținerea masei elementului combus-  
tibil care este mai dens (FE1). În acest caz, masa combustibilului o egalează pe cea din pri-  
13 mul element și este de 21% și mai mare cu 1% decât cea din al doilea și, respectiv, al treilea  
element combustibil, menționate mai sus. În ceea ce privește zona de contact cu agentul de  
15 răcire, aceasta este cu 20,18 și, respectiv, 12% mai mare decât în cazul FE1, FE2 și, res-  
pectiv, FE3. Aceste valori se ating, totuși, menținând ambele reactoare în funcțiune.

17 Cerințele termomecanice ale elementului combustibil, conform invenției, sunt reduse  
datorită unui diametru mai mic al peletelor și a unei cantități mai mari de tijă combustibil și,  
19 în consecință, a unei temperaturi mai mici de funcționare. În plus, folosind grile distanțiere  
cu autosusținere, în locul unor apendice sudate la teci, este posibil să se evite degradarea  
21 proprietăților mecanice ale elementelor combustibile, ca urmare a sudurilor. Astfel, numărul  
de suduri pe teci se reduce de 20 de ori, comparativ cu primul element, iar acesta este unul  
23 din factorii ce permit să se intensifice arderea combustibilului din fascicul. În plus, prin încor-  
porarea inovativă a grilelor distanțier cu autosusținere pe tije consumabile, este posibil să  
25 se fixeze întregul ansamblu. Din punct de vedere mecanic, această caracteristică este foarte  
convenabilă, din moment ce ea poate fi inclusă în canalele verticale suspendate la un capăt,  
27 așa cum este cazul elementului combustibil FE2.

29 Caracteristica de mai sus se utilizează în sistemul de asamblare a elementului com-  
bustibil, conform invenției, pentru a crea module de combustibil mai lungi și o pierdere de  
presiune adaptabilă prin reglarea unghiului de dezaliniere azimutal între module. Astfel, gru-  
31 pul de elemente combustibile se poate utiliza în mod convenabil în reactoare nucleare cu  
canale verticale și cu o mai mare pierdere de presiune de restricție, ca în cazul centralei  
33 Atucha I.

35 Scopul principal al prezentei invenții este obținerea unui element combustibil, modu-  
lar, având un raport între suprafața de transfer de căldură și suprafața transversală a tije mai  
mare de 330 și aproximativ egal cu 364.

37 Al doilea scop al invenției este obținerea unui element modular care, atunci când se  
compară cu tipurile curente, crește limitele de siguranță termohidraulice și termomecanice  
39 și arderea combustibilului. În același timp, el menține masa de combustibil și restricțiile  
hidraulice totale în canal, în special, în centralele nucleare cu canale orizontale, asigurând  
41 un aranjament de tije combustibile, consumabile, de un singur diametru.

43 Al treilea scop al invenției (comparativ cu tipurile curente de elemente combustibile)  
este de a reduce numărul de suduri, nu numai în elementele combustibile, dar și în fiecare  
element structural, simplificând astfel procesul de fabricație.

45 Un alt scop al prezentei invenții este de a adapta elementul combustibil, la centrale  
nucleare cu canale de combustibil verticale mai lungi și restricții hidraulice mai mici. El se va  
47 atașa la un singur capăt, printr-un sistem de asamblare a elementelor combustibile,  
modulare, ce le permite să fie reutilizate și să îmbunătățească arderea combustibilului.

## RO 120363 B1

Pentru atingerea scopurilor de mai sus, s-au folosit anumite îmbunătățiri foarte inovative. Printre acestea, se poate menționa reducerea capetelor structurale între elementele adiacente, pentru a maximiza (și astfel dubla) lungimea modulelor de combustibil astfel încât să se obțină compatibilitatea cu mașina de reîncărcare cu combustibil, în fiecare centrală nucleară cu canale. În acest fel, este posibil să se reducă pierderea de presiune hidraulică, în elementul structural al canalului. Această îmbunătățire permite construirea unui nou aranjament de tije, având aceeași masă combustibilă și o mai mare suprafață de împrăștiere (mai multe tije de diametru mai mic). 1 3 5 7

Această configurație, la rândul ei, compensează creșterea pierderii de presiune de-a lungul tijelor (datorită unei suprafețe mai mari de schimb de căldură), determinând o reducere în elementele structurale. De aceea, prin menținerea fluxului de agent de răcire și prin creșterea suprafeței de transfer, este posibilă reducerea fluxului de căldură pe unitatea de suprafață (fluxul de căldură superficială) și majorează limitele de siguranță termohidraulică. În plus, dacă sunt mai multe tije cu diametru mai mic, densitatea liniară de energie și diferența de temperatură, în peleta de combustibil, descrește. În consecință, se îmbunătățește performanța termomecanică (reducând expansiunea termică, eliberarea de gaz de fisiune și interacțiunea/reacția între peletele de combustibil și teacă), iar arderea combustibilului poate fi prelungită substanțial. În continuare, includerea inovativă a grilelor distanțier cu autosusținere, cu tije consumabile (tije cu un raport grosime/diametru mai mic), în timpul funcționării, reduce, în mare măsură numărul sudurilor în teacă (îmbunătățind limitele de siguranță termomecanice) și favorizează utilizarea elementului combustibil în canalele verticale. Numărul și masa componentelor structurale sunt, de asemenea reduse, atunci când lungimea tije de combustibil, pentru canalele orizontale, este de două ori mai mare decât cea curentă. De exemplu, numărul de dopuri sudate pe unitatea de lungime, la plăcile de capăt, se reduce cu 30%, numărul de plăci de capăt cu 50% și așa mai departe, în comparație cu tipurile anterioare. Aceste ultime două caracteristici simplifică procesul de fabricație întrucât vor exista mai puține faze în producerea tijelor combustibil. 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27

Se poate trage, de aceea, concluzia că gradul de dispesie a elementului combustibil, în masa de combustibil, în cazul când se mențin masa de combustibil și restricțiile hidraulice, reprezintă parametrul definitoriu al tipului de element, care a fost realizat. La aceasta, se mai poate adăuga că, în cazul raportului dintre suprafața de transfer de căldură între combustibil și răcitor și suprafața transversală a fasciculului de tije, ambele sunt definite pe unitatea de lungime din canal. Într-adevar, în acele elemente combustibil, care mențin masa de combustibil încapsulată, este recomandabilă maximizarea suprafeței de transfer de căldură și minimizarea suprafeței transversale a fasciculului combustibil (prin folosirea unor teci subțiri consumabile și prin lărgirea porțiunii active, atunci când numărul de elemente structurale de capăt se diminuează) întrucât fluxul de căldură va fi redus, iar suprafața de răcire va fi mărită. Ca urmare, va fi extrem de avantajos să se obțină un tip de element combustibil, având valori mai mari pentru această relație între suprafețe, în măsura în care, ele mențin pierderile hidraulice în canal. Raportul între suprafața de transfer de căldură și suprafața transversală a elementului combustibil, conform invenției, este mai mare de 330 și aproximativ egal cu 364. Atunci când aceste valori sunt comparate cu cele corespunzătoare elementelor FE1, FE2 și FE3, care erau 300, 313 și, respectiv, 327, se poate trage concluzia că, la tipurile anterioare de elemente combustibile, a fost imposibil să se obțină un raport mai mare de 330, pentru aceste suprafețe. 29 31 33 35 37 39 41 43 45

În cazul centralelor nucleare cu canale verticale, dacă se utilizează un sistem de asamblare cu mai multe module, este posibilă realizarea unui element combustibil mai lung, 47

1 sprijinit pe un singur capăt. În plus, cu sistemul de asamblare descris, este posibil, totodată  
2 să se fixeze unghiul de dezaliniere azimutal între modulele adiacente și să se adapteze  
3 combustibilul la canalele răcitor având pierderi de presiune hidraulică diferite. Dacă modulele  
4 sunt aliniate complet, pierderea de presiune hidraulică, în canale, se reduce la valorile obți-  
5 nute în centrala Atucha I.

6 Ca rezultat al celor de mai sus, în comparație cu tipurile anterioare cunoscute, ele-  
7 mentul combustibil și sistemul de asamblare, conform invenției, prezintă următoarele avan-  
8 taje:

- 9 - pot fi crescute limitele de siguranță, termomecanice și termohidraulice;
- 10 - este posibilă extinderea arderii combustibilului până la 35000 Mwd/tona de  $UO_2$ ;
- 11 - pierderea de presiune poate fi adaptată la diferite reactoare cu canale;
- 12 - densitatea celui mai dens element combustibil existent poate fi menținută (FE1);
- 13 - există compatibilitate cu mașina de reîncărcare cu combustibil a reactoarelor cu  
14 canale verticale și orizontale;
- 15 - numărul componentelor structurale ca și procesul de fabricație sunt reduse prin utili-  
16 zarea unui element combustibil cu același diametru și a mai puține suduri pe tecile de com-  
17 bustibil.

18 Conform invenției, se oferă un fascicul de tije combustibile cu același diametru, ce  
19 satisface toate considerațiile menționate mai sus și care nu a fost îmbunătățit în tipurile ante-  
20 rioare. Modulul este un fascicul din 52 tije combustibile paralele (acesta este numai unul  
21 dintre multe aranjamente posibile diferite, montat sub forma a 4 inele concentrice compacte).  
22 El este atașat printr-un sistem structural de un cuplu de grile plasate la ambele capete și la  
23 niște grile distanțier cu autosusținere având distanțiere rigide și distanțiere flexibile ampla-  
24 sate în poziții axiale intermediare.

25 Sunt prevăzute, de asemenea, niște tamponane rigide, sudate la distanțiere sau la sis-  
26 temul de asamblare, pentru fixarea poziției elementului combustibil, în canal.

27 Se dă, mai jos, un exemplu de realizare a invenției.

28 În fig. 3a și b, se ilustrează o vedere în perspectivă și, respectiv, o vedere laterală a  
29 elementului combustibil, conform invenției. Elementul combustibil, conform invenției, constă  
30 dintr-un grup de teci consumabile, din zircaloy 1, ale căror capete sunt etanșate prin niște  
31 dopuri 3 sudate de o placă de capăt 6. Lungimea totală a acestui element combustibil este  
32 exact aceeași cu cea a elementelor FE1 și FE3, luate împreună. Pentru separarea tijelor  
33 combustibile, sunt atașate niște grile cu autosusținere 15.

34 În fig. 4a, b și c, sunt ilustrate o vedere laterală ca și o vedere principală a unei grile  
35 distanțier. Aceste grile constau din niște structuri de susținere 16, la care se atașează niște  
36 distanțiere rigide 17 și niște distanțiere flexibile 18, care mențin teaca în locația ei. La  
37 centralele nucleare cu canale orizontale, aceste canale se sprijină pe mai multe tamponane  
38 19, care au fost sudate la structurile exterioare de susținere, în timp ce poziția axială a  
39 fiecărui distanțier a fost fixată prin sudura a mai puțin de 13 opritoare, pe tije.

40 Zona activă a elementului combustibil FE2 (porțiunea ce conține peletele de combus-  
41 tibil) este mai lungă decât cea a modulului conform invenției. Ea diferă și de cea întâlnită la  
42 centrala nucleară Embalse întrucât aceasta are canale verticale. În centrala Atucha I, pentru  
43 asamblarea elementului combustibil, s-au cuplat axial 5 module de combustibil, de tipul celui  
44 descris, înaintea includerii în miezul reactorului.

45 Există mai multe metode posibile de asamblare a acestor 5 module de combustibil.

46 Modulele pot fi strânse cu niște cleme 20, conform fig. 5. În acest caz, lungimea  
47 totală se obține prin alăturarea celor 5 elemente combustibile și atașarea lor de un opritor

# RO 120363 B1

cu pierdere hidraulică scăzută **21**, la capătul său inferior. La celălalt capăt, se află un sistem de cuplare intermediar **22**, conținând un arc care leagă modulul. Există, de asemenea un element de cuplare similar celui aferent tipului existent FE2, pentru a asigura adaptabilitatea cu corpul intermediar, care este de asemenea încorporat în partea superioară a canalului. Secțiunea cuplajului intermediar se caracterizează printr-o pierdere scăzută de presiune. La elementele exterioare se pot adăuga niște aripioare de amestecare. Acest tip de ansamblu va permite relocarea axială a elementelor combustibile care nu sunt arse în totalitate într-o incintă din afara miezului reactorului. La clemele sau la grilele distanțiere ale canalelor reactorului Atucha I pot fi atașate niște distanțiere rigide sau flexibile **23**.

În fig. 5 se ilustrează un modul de combustibil asemănător celui descris mai sus. Ea detaliază elementele exterioare, opritorul de la capătul inferior, sistemul de cuplare intermediar și corpul de cuplare.

O altă metodă de a fixa modulele de combustibil constă în plasarea unei piese sau corp de asamblare cu pierdere redusă de presiune hidraulică, între grilele placă de capăt sau în jurul acestora. În fig. 6 se ilustrează un capăt al elementului combustibil și un corp de asamblare amplasat între grilele **24**. În acest caz, tecile elementelor combustibile reprezintă elementele de susținere a întregului ansamblu întrucât ele sunt sudate de grilă. Un corp de asamblare se atașează de un capăt al dispozitivului, între grilă și un cuplaj intermediar cu pierdere redusă de presiune, având corpul de asamblare la celălalt capăt ca la elementul FE2.

O a treia alternativă de legare a elementelor combustibile este conform fig. 7, un tub exterior de sprijin, cu ferestre sau deschideri **25**. El a fost proiectat să susțină toate elementele combustibile împreună, permițând răcitorului să circule ușor prin elementele combustibile și prin canal. În același timp, el poate să reducă debitul mediu de agent de răcire și, în consecință, să compenseze pierderile de presiune. Aceste ferestre sau deschideri asigură un spațiu fizic destul de mare, pentru plasarea unor tampoane rigide sau flexibile, într-o eventualitate improbabilă, că deschiderea dintre tub și canal ar fi insuficientă pentru aceste corpuri. La ambele capete ale tubului, într-un mod similar cu cel descris pentru clemele exterioare, se atașează un opritor, un mecanism de cuplare intermediar, cu un sistem de asamblare și un corp de cuplare.

Încă o alternativă ar fi folosirea uneia sau mai multor tije interioare care, beneficiind de secțiunile cu cea mai puțină energie generată sau prin schimbarea uneia sau mai multor tije combustibile, ar asigura mai multă rigiditate întregului ansamblu. În acest caz, cea mai bună opțiune ar fi plasarea modulului în centrul ansamblului, care este zona cu cea mai mică densitate de energie și, de aceea, capacitatea sa de răcire nu este supraîncărcată. Astfel de tije combustibile au un opritor atașat la un capăt, iar în celălalt capăt, un mecanism de asamblare cu pierdere scăzută de presiune hidraulică, care ține împreună ansamblul. La acest mecanism se montează un corp de cuplare precum cel din tipul de element combustibil FE2.

## Revendicări

1. Element combustibil, modular, adaptabil la diferite centrale nucleare cu canale de răcire, **caracterizat prin aceea că** include un fascicul de tije combustibile, paralele, montate sub forma unor coroane circulare concentrice și susținute de niște sisteme structurale, element ce cuprinde un aranjament de bare sau tije combustibile cilindrice, astfel plasat, încât raportul între suprafața de transfer de căldură și suprafața transversală a tije combustibile,

# RO 120363 B1

1 ambele definite pe unitatea de lungime, este mai mare de 330, aceste tije combustibile  
cilindrice având un singur diametru.

3 2. Element combustibil, modular, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**  
raportul susmenționat, dintre suprafața de transfer de căldură și suprafața transversală a tijei  
5 combustibile este mai mare de 360.

7 3. Element combustibil, modular, conform revendicării 1 sau 2, **caracterizat prin**  
**aceea că** lungimea elementului combustibil este cea mai mare lungime compatibilă cu  
mașina de reîncărcare cu combustibil.

9 4. Element combustibil, modular, conform revendicării 3, **caracterizat prin aceea că**  
lungimea elementului modular este mai mare de 0,5 m și mai mică sau egală cu aproximativ  
11 1,0 m.

13 5. Element combustibil, modular, conform revendicărilor 1, 2, 3 sau 4, **caracterizat**  
**prin aceea că**, mai cuprinde niște grile distanțier cu autosusținere (15), pentru elementele  
combustibile, acestea fiind niște teci consumabile (1), atașate la ele, prin mai puțin de 20  
15 opritoare de capăt sudate, în timp ce pozițiile longitudinale intermediare nu sunt sudate la  
teci.

17 6. Element combustibil, modular, conform revendicărilor 1, 2, 3, 4 sau 5, **caracterizat**  
**prin aceea că** numărul de opritoare de capăt sudate este mai mic de 13.

19 7. Element combustibil, modular, conform revendicărilor 1, 2, 3, 4, 5 sau 6,  
**caracterizat prin aceea că** numărul tijelor combustibile este mai mare de 43, iar diametrul  
21 lor unic este mai mic de 11 mm.

23 8. Element combustibil, modular, conform revendicării 7 **caracterizat prin aceea că**,  
mai cuprinde 52 tije combustibile, paralele, care sunt aranjate în 4 inele concentrice, aranja-  
ment ce cuprinde 3 grile distanțier cu autosusținere (15), a căror poziție relativă se fixează  
25 cu niște tampoane de tija combustibil, rigide și flexibile.

27 9. Element combustibil, modular, conform revendicărilor 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 sau 8,  
**caracterizat prin aceea că**, la grilele distanțier cu autosusținere (15), se sudează niște tam-  
poane (19) de sprijin, asigurând un loc de susținere pe canalele de combustibil, la utilizarea  
29 în centralele nucleare cu canal orizontal.

31 10. Element combustibil, modular, conform revendicărilor 1, 2, 3, 4, 5 sau 6,  
**caracterizat prin aceea că** poate fi adaptat la centralele nucleare cu canale verticale cu apă  
grea, el mai cuprinzând un sistem de cuplare demontabil (22) între module, adaptabil la lun-  
33 gimea totală a elementelor combustibile, menționate.

35 11. Element combustibil, modular, conform revendicării 10, **caracterizat prin aceea**  
**că** numitul sistem de cuplare (22) asigură un mod de cuplare între plăcile de capăt, per-  
mițând, în continuare ca mai multe elemente combustibile să fie legate împreună, pentru a  
37 forma un element combustibil mai lung.

39 12. Element combustibil, modular, conform revendicării 10, **caracterizat prin aceea**  
**că** sistemul de cuplare (22) este un corp exterior, formând un element combustibil mai lung,  
prin adăugarea mai multor module combustibil, menționate.

41 13. Element combustibil, modular, conform revendicării 10, **caracterizat prin aceea**  
**că** numitul sistem de cuplare (22) are un element de asamblare interior, adaptabil la un alt  
43 modul combustibil, formând cu acesta un element combustibil mai lung.

45 14. Element combustibil, modular, conform revendicărilor 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10,  
11, 12 sau 13, **caracterizat prin aceea că** include combinații materiale cu concentrații  
diferite de uraniu și/sau plutoniu izotopic și/sau oricare alte materiale combustibile nucleare  
47 (actinide, otrăvuri nucleare, produse de fisiune sau materiale combustibil, de la alte reactoare  
nucleare).

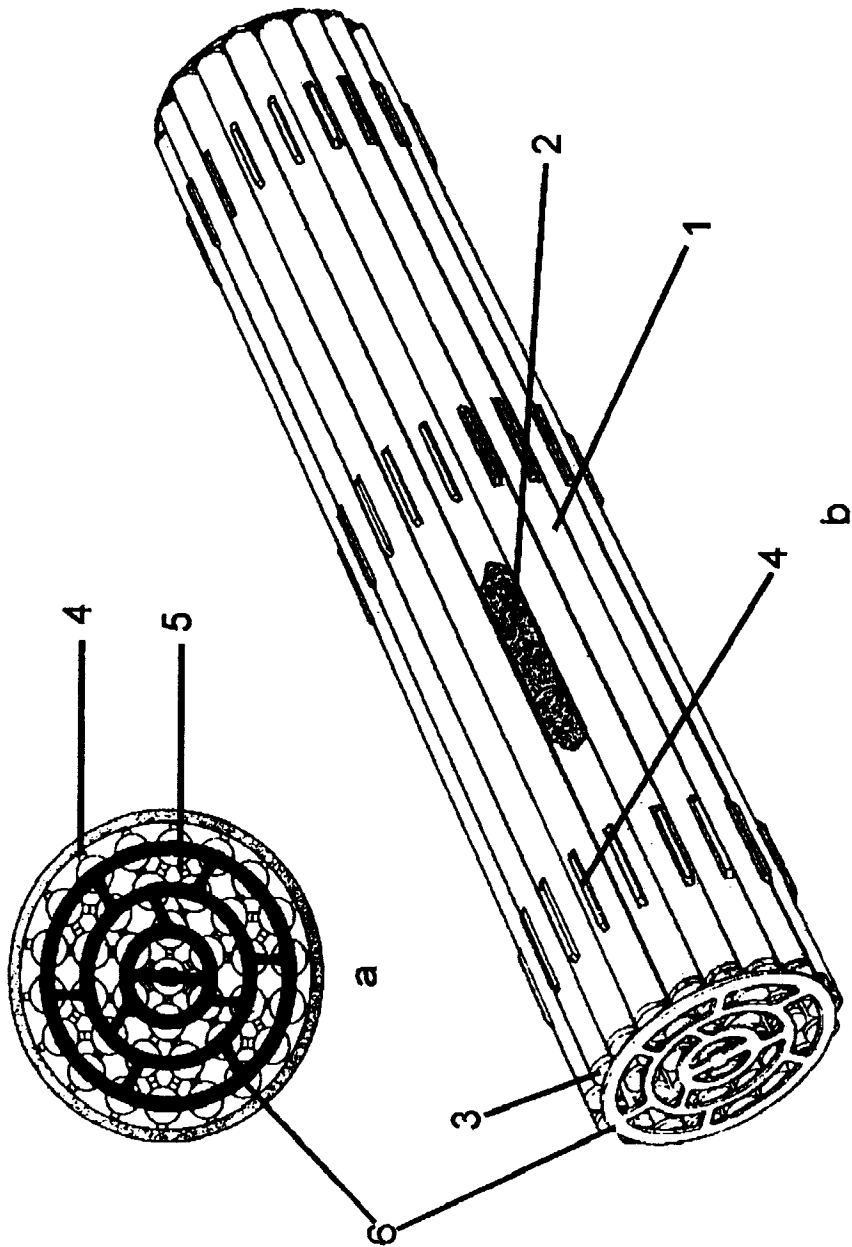


Fig. 1

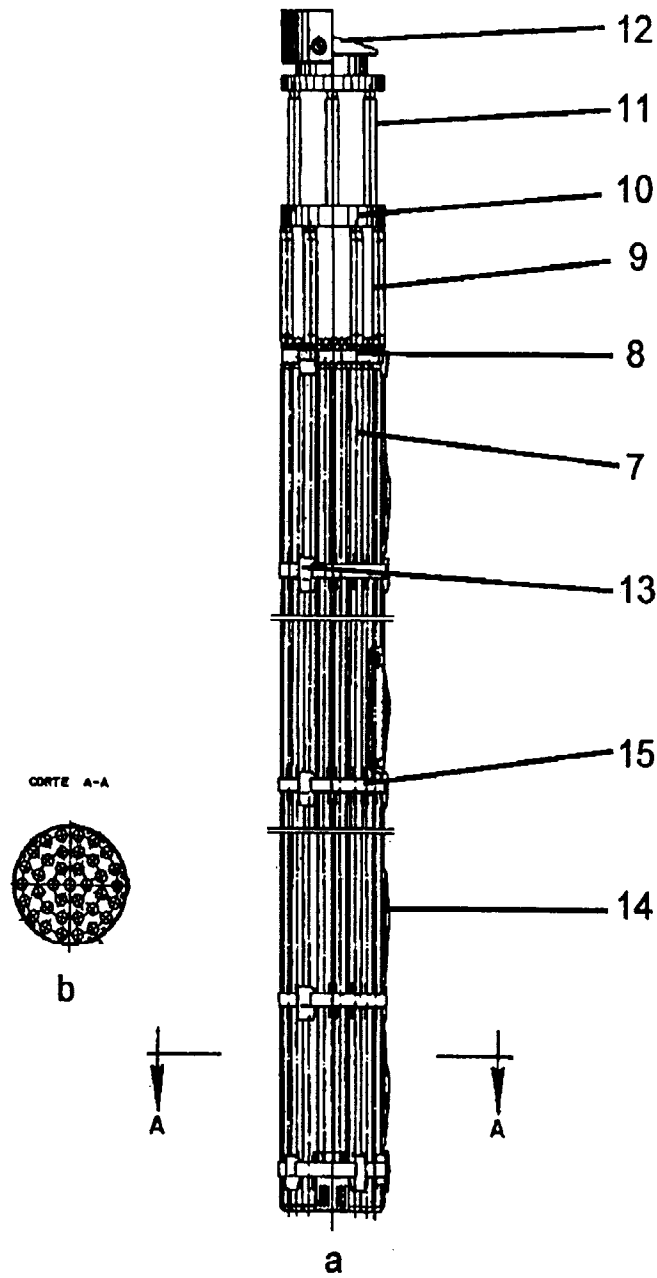


Fig. 2

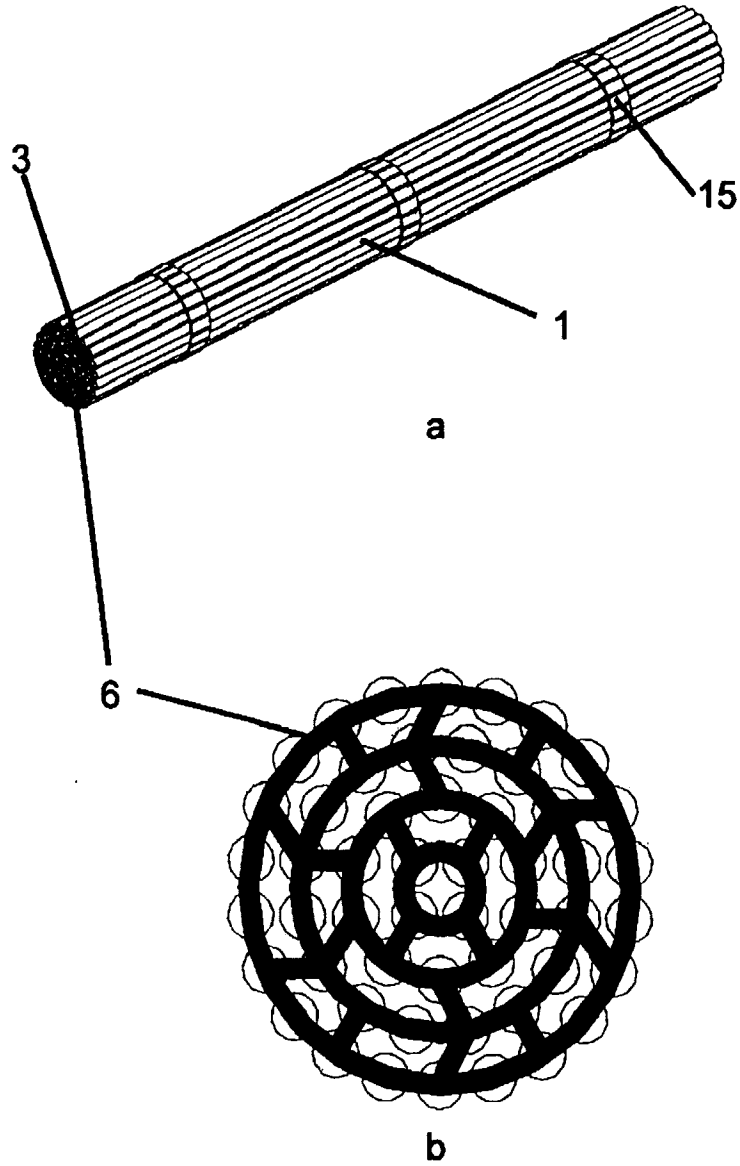


Fig. 3

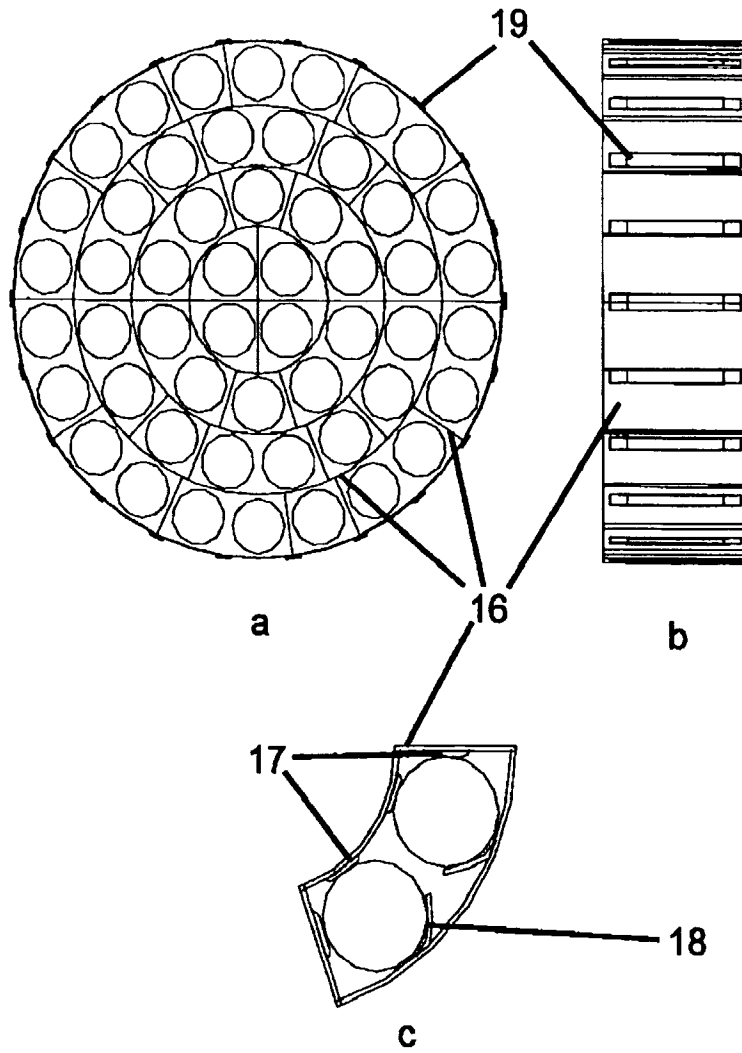


Fig. 4

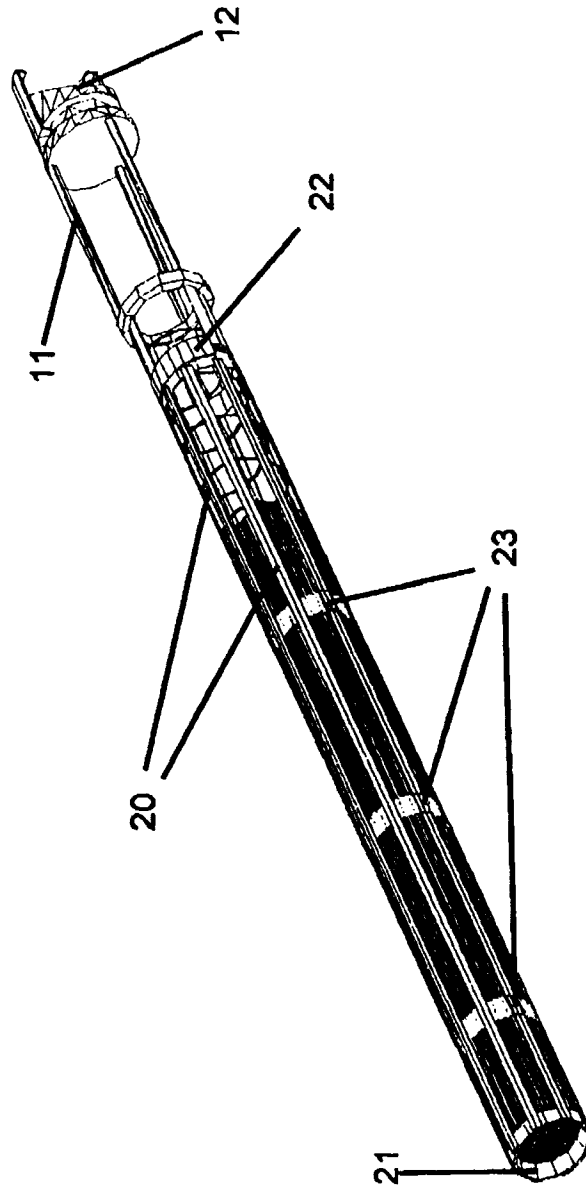


Fig. 6

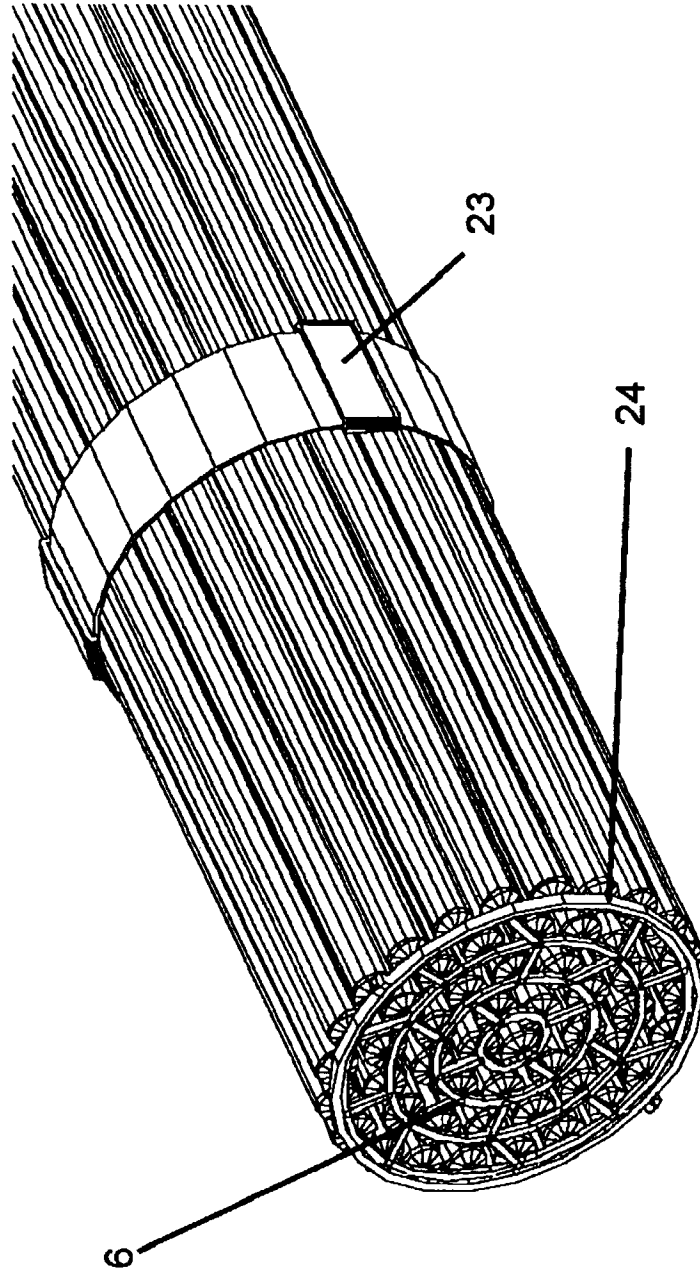


Fig. 6

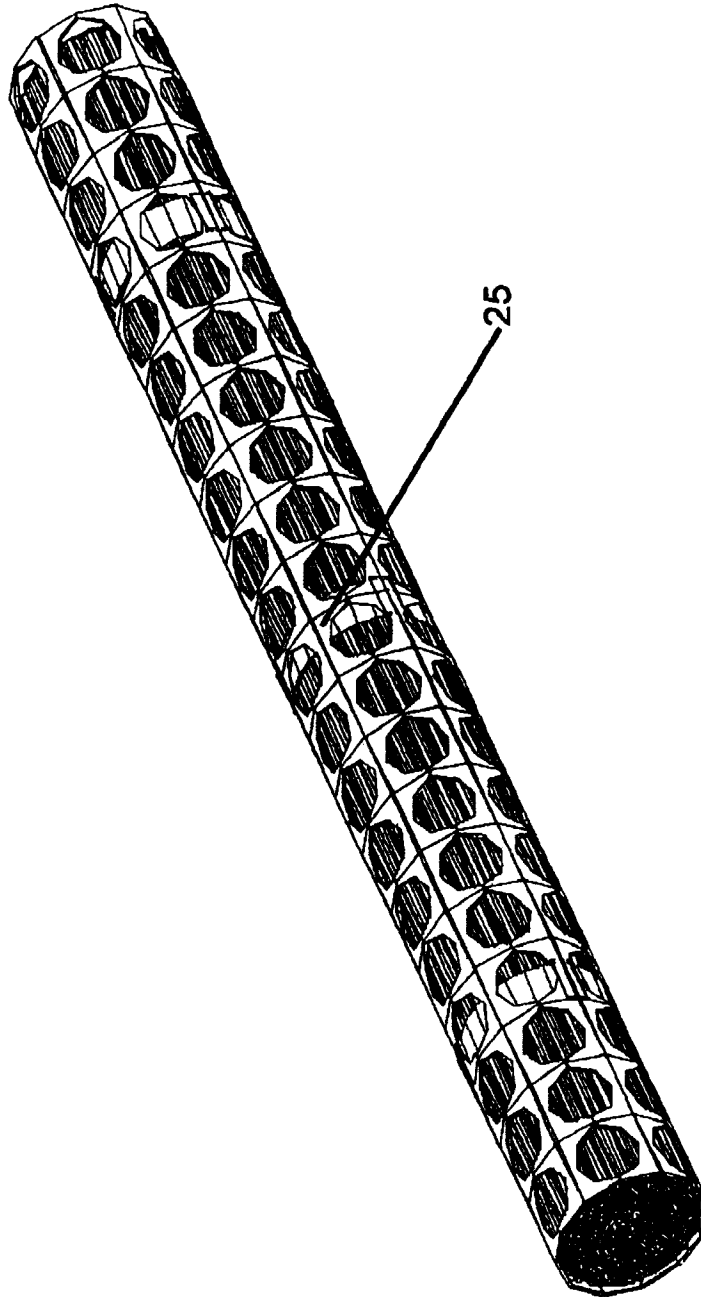


Fig. 7