

(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2007 00525**

(22) Data de depozit: **24.07.2007**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **28.02.2012** BOPI nr. 2/2012

(41) Data publicării cererii:
30.01.2009 BOPI nr. 1/2009

(73) Titular:
• **DUMITRESCU ADRIAN,**
ALEEA INDEPENDENȚEI, BL.D8, SC.3,
ET.4, AP.41, DEVA, HD, RO

(72) Inventatori:
• **DUMITRESCU ADRIAN,**
ALEEA INDEPENDENȚEI, BL.D8, SC.3,
ET.4, AP.41, DEVA, HD, RO

(56) Documente din stadiul tehnicii:
US 2680950; EP 1375864 A2

(54) **MOTOR TERMIC, CU REACȚIE PE TRAIECTORIE CIRCULARĂ**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un motor termic cu reacție pe traiectorie circulară, folosit pentru acționarea diferitelor mașini mecanice și utilaje din industrie. Motorul conform invenției are în componență un rotor format dintr-un arbore (4) asamblat, un butuc (5) în care sunt montate niște brațe (2) având niște volanți (3), niște reactoare (1) ce sunt montate pe brațe (2), prin intermediul unor șuruburi (38 și 42), al unor piulițe (40, 41, 43 și 44) și al unor șaibe (39) conice, butucul (5) fiind montat pe arborele (4) asamblat cu ajutorul unor bușe (6), arborele (4) asamblat fiind lăgăruit în niște rulmenți (7 și 11), având montată pe extremități o roată (10) dințată dublă, ce acționează o roată (17) balador, și o roată (14) dințată ce acționează o elice, rigidizată pe arborele (4) asamblat prin flanșe (24), rulmenții (7 și 11) fiind fixați în niște semilagăre ale unor cartere (8 și 9) inferior și, respectiv, superior, cu capace (13) lagăr, pe capetele arborelui (4) asamblat fiind dispuse racorduri (18 și 19) rotative aer răcire și, respectiv, aer ardere, casete (20 și 21) de distribuție circuite automatizare și, respectiv, kerosen, pompe (22) de injecție și tubulaturi (48 și 49) de alimentare aer ardere și, respectiv, aer răcire, debitul de aer ardere și, respectiv, aer răcire fiind produs de niște compresoare (16) și, respectiv, de niște ventilatoare (12), gazele arse fiind aspirate din cartere (8 și 9) prin niște difuzoare (25), de către ventilatoare (26) axiale, și expulzate prin niște tubulaturi (47) de evacuare, carterele (8 și 9) inferior și superior fiind răcite de ansambluri (28 și 34) de răcire, pentru pornire fiind necesar un grup electrogen (51), iar

în funcționare fiind folosit un generator (29) electrice ce este acționat de un reductor (30), consumatorii electrici fiind alimentați de un ansamblu (32) electric de distribuție, iar procesul de funcționare fiind automatizat prin intermediul unui ansamblu (33) automat.

Revendicări: 2
Figuri: 10

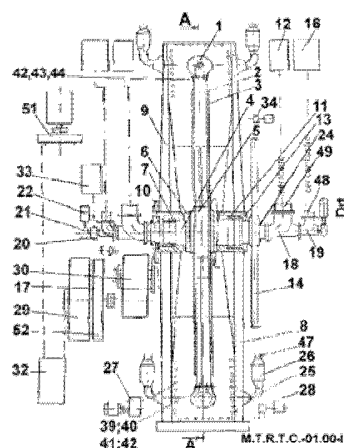


Fig. 1

Examinator: ing. PATRICHE CORNEL



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

RO 123404 B1

1 Invenția se referă la un motor termic cu reacție pe traiectorie circulară (M.T.R.T.C.),
conceput pentru acționarea diferitelor mașini mecanice și utilaje din industrie.

3 Acest motor este destinat a echipa nave maritime, platforme marine, utilaj pentru
foraj, utilaj petrolier, centrale electrice, pentru clasa de puteri 1 - 100 MW.

5 Sunt cunoscute în momentul de față motoarele termice care produc cuplu motor din
domeniul tehnicii de puteri cuprinse între 1 și 100 MW, cum ar fi: motoarele Diesel cu
7 randament de 50% ce utilizează combustibil motorina, și motoarele cu turbină cu randament
de 50% funcționând cu kerosen.

9 Motoarele turbină care consumă combustibili lichizi, au randamentul sensibil superior
comparativ cu motoarele Diesel, având și avantajul unor gabarite masice și volumice mai
11 mici, la aceleași puteri.

13 Din brevetul **US 2680950** se cunoaște un motor termic cu reacție pe traiectorie
circulară, care dezvoltă și furnizează putere și mișcare de rotație necesară unor dispozitive,
cum ar fi elice de avion, elice de vapor, roți de automobil sau locomotivă, sau chiar de tip
15 staționar, compus din niște motoare statoreactoare care pot funcționa atât în regim
pulsatoriu, cât și continuu, având o traiectorie circulară, fiind montate pe un rotor prin
intermediul unor suporturi solidarizate de un disc, prevăzut central cu un butuc lăgăruit prin
17 rulmenți într-un corp de lagăr, butuc prevăzut și cu un tren de roți dințate conice, prin care
se poate transmite mișcarea de rotație.

19 Motorul termic cu reacție pe traiectorie circulară rezolvă problema tehnică propusă,
21 prin aceea ce este compus din niște reactoare montate pe niște brațe, încastrate la partea
inferioară într-un butuc, lăgăruit cu ajutorul unor rulmenți pe un carter, reactoarele fiind
23 alimentate cu combustibil lichid de la un grup pompă printr-o casetă de distribuție, niște
tuburi kerosen și niște conducte poziționate de-a lungul brațelor, care împreună cu niște
25 volanți și niște bucșe sunt solidarizate de arborele asamblat, constituind astfel un rotor
alimentat cu aer de la niște compresoare ce comprimă aerul de combustie care ajunge la
27 fiecare reactor printr-un racord rotativ și prin niște tuburi, rotor alimentat cu aer de răcire cu
niște ventilatoare ce direcționează aerul de răcire care ajunge la fiecare reactor, prin niște
29 racorduri rotative de aer, printr-o gaură axială din arborele motor și printr-un tub braț, iar
gazele arse sunt evacuate din carter de ventilatoare axiale prin difuzoare de aspirație și o
31 tubulatură de evacuare în atmosferă, iar carterul inferior este răcit de un ansamblu de răcire,
respectiv, carterul superior este răcit de un alt ansamblu de răcire, iar motorul este condus
33 cu un ansamblu electric de distribuție și o buclă de reacție compusă dintr-un ansamblu
automatizat, fiind în legătură mecanică și cu un generator. Kerosenul intră în reactor printr-un
35 racord combustibil, iar aerul de ardere intră în reactor printr-un spațiu dintre un difuzor și o
carcasă difuzor, după care trece într-un stator difuzor spre o cameră de combustie, care este
37 formată dintr-un subansamblu injecție combustibil, un combustor inelar, o bujie aprindere,
un suport inferior și un suport superior, apoi jetul de gaze incandescent trece prin spațiul
39 dintre un efuzor central și un efuzor exterior spre ajutorul coinelar, iar debitul aerului de răcire
intră în reactor printr-un spațiu dintre carcasa difuzor și o carcasă frontală, fiind dirijat între
41 efuzorul exterior, și o carcasă exterioară spre un tub răcire ajutoraj, reactorul fiind susținut la
partea anterioară de un suport, cuprinzând o carcasă frontală prinsă cu niște șuruburi și niște
43 șaiube, iar statorul difuzor este fixat în carcasa difuzor cu niște șuruburi, iar carcasa frontală
și tubul răcire ajutoraj sunt montate pe carcasa exterioară prin niște șuruburi și niște piulițe, iar
45 camera de combustie este montată de carcasa difuzor prin intermediul unor șuruburi de
efuzorul exterior, iar efuzorul exterior de ajutoraj coinelar cu ajutorul unor șuruburi și niște
47 piulițe, cablajul de automatizare fiind conectat cu niște senzori temperatură, niște senzori
presiune aer difuzor, și niște senzori presiune combustibil, montați în reactor.

RO 123404 B1

Motorul termic cu reacție pe traiectorie circulară prezintă următoarele avantaje:	1
- randament energetic performant 70-72%;	
- se pot utiliza turboreactoare a căror resursă de zbor s-a epuizat, care pot fi transformate în reactoare funcționale cu randament superior în mișcare de rotație.	3
- deoarece reactoarele utilizate funcționează fără piese în mișcare, vor avea o fiabilitate superioară.	5
Se dă în continuare un exemplu de realizare, în legătură și cu fig. 1...10, care reprezintă:	7
- fig. 1, desen - 01.00. - I. - desenul de ansamblu al motorului termic;	9
- fig. 2, desen - 01.00. - II. - secțiune transversală prin motorul termic;	
- fig. 3, desen - 01.00. - III. - secțiune longitudinală prin sistemul lateral de alimentare cu combustibil, aer ardere, aer răcire;	11
- fig. 4, desen - 01. 01. - I/A. - secțiune longitudinală prin reactor;	13
- fig. 5, desen - 01.01- II/A. - "detaliu A" din fig. 4, semnificând o secțiune longitudinală prin difuzor și camera de combustie;	15
- fig. 6, desen - 01.01. - III - secțiunea A -A din fig. 4;	
- fig. 7, desen - 01.02. - I - vedere din lateral a brațului;	17
- fig. 8, desen - 01.04. - I. - vedere longitudinală în secțiune a arborelui;	
- fig. 9, studiul accelerațiilor centrifugă și coriolis asupra debitului de aer și a jetului de gaze arse din reactor;	19
- fig. 10, studiul accelerațiilor centrifugă și coriolis asupra debitelor pentru ardere și răcire, ce trec prin braț.	21
Motorul termic cu reacție pe traiectorie circulară este compus din două, trei sau patru reactoare, care sunt dispuse pe brațele unui arbore motor, astfel ca reactoarele să se deplaseze fiecare pe aceeași traiectorie circulară de diametru D _{rt} .	23 25
Mișcarea fiecărui reactor este continuă și contribuie la rotirea uniformă a arborelui motor orizontal, obținând astfel energie sub formă mecanică, care poate fi folosită la acționarea diferitelor mașini mecanice și utilaje industriale.	27
Viteza actuală a motoarelor turbofan din aviația civilă este cuprinsă între 700 și 960 km/h și au randamentul termic de 80%, având denumirea de motoare turboventilator. Motorul turboventilator este o îmbunătățire a turboreactorului de bază, parte din aerul de admisie este comprimat în compresor și apoi trecut prin camera de combustie, turbină și ajutor. Arderea combustibilului are loc în camera de combustie aflată între compresor și turbină. Aici gazelor arse li se imprimă o viteză de 1300...1600 m/s, apoi trec prin turbină unde își reduc energia cu 15...17%, după care trec prin ajutor unde, datorită micșorării secțiunii de trecere, viteza gazelor ajunge la 3700...4800 m/s, obținând astfel forța de propulsie a reactorului. Limita maximă a vitezei de ieșire a gazelor prin secțiunea minimă a ajutorului este de 4800 m/s, impusă de rezistența termică tehnologică a materialului din care este confecționat ajutorul. Motoarele turbofan proiectate și produse de General Electric, Rolls Royce, Pratt & Whitney, după 1980 dețin randamentul termic performant de 80...84%, transformând 80...84% din energia combustibilului ars în energie mecanică utilă, 16,8% este consumată pentru comprimarea aerului de alimentare, 0,2% pentru pulverizarea combustibilului, iar restul de 3% sunt pierderi calorice în turboreactor.	29 31 33 35 37 39 41 43
Debitul aerului de ardere la aceste motoare este cuprins între 24 și 58 Nmc β = 2...5 pentru un kilogram de kerosen, în funcție de regimul de funcționare al motorului în timpul zborului. Motorul are randamentul performant în timpul zborului de croazieră. Considerăm o valoare medie de 34 Nmc aer ardere pentru un kilogram kerosen, rezultând în urma arderii o cantitate de căldură de 10.234 kcal și o masă de gaze arse de 44,95 kg. Aceste cantități kerosen-aer ardere le vom aplica pentru reactorul 1.	45 47 49

Cercetările actuale în motoarele turbojet și turbofan sunt direcționale la atingerea operării mult mai eficiente a compresoarelor și a turbinelor, la găsirea unui sistem special de răcire a paletelor de turbină, care să permită admisia în turbină a temperaturilor înalte, respectiv la reducerea nivelului de zgomot al motorului. Reactorul 1 nu are turbină și permite astfel admisia temperaturilor înalte în efuzor și ajutoraj, conferind astfel gazelor de ardere energii cinetice mari la trecerea prin ajutoraj și obținerea de forțe de propulsie ridicate, ajungând în final la randament performant, comparabil cu al motorului turbofan, dacă folosim același combustibil, kerosenul.

Pentru reactorul motorului cu reacție pe traiectorie circulară, vom folosi de la motorul turbofan doar camera de combustie cu sistemul de pulverizare al combustibilului, și efuzorul exterior cu ajutorajul de ejectare al gazelor arse.

Reactorul 1 va primi aerul de ardere și de răcire la presiunea necesară de la grupul compresor 16 și grupul ventilator 12, situate în exteriorul MTRTC, lipsind astfel compresorul, ventilatorul, turbina din componența acestuia. Reactorul va avea în circuitul aerului de ardere un difuzor 103, poziționat înaintea camerei de combustie 63, pentru omogenizarea și direcționarea curentului de aer corespunzător secțiunii camerei de ardere. Aerul de răcire este produs de către ventilatorul 12, aflat în exteriorul motorului, și vehiculat prin interiorul arborelui motor 4 și al brațului 2 către carcasa exterioară 64. Aerul de ardere produs de grupul compresor 16 este vehiculat prin interiorul arborelui motor 4 și al brațului 2 către difuzorul 103 reactorului. Debitul aerului de răcire, la reactorul 1, este de 57% din debitul aerului de ardere.

Combustibilul este pulverizat în camera de combustie 63 de injectoare 70 la presiunea nominală aceeași ca a motorului turbofan, și jetul de combustibil direcționat de-a lungul curentului de aer comprimat ce trece prin camera de ardere. Gazele arse primesc energia combustibilului ars și își măresc viteza jetului trecând prin efuzor 65, 71 și, ajungând la intrarea în ajutoraj 60 la viteza $w_{ia} = 1300...1400$ m/s, iar în secțiunea de ieșire minimă a ajutorajului, la viteza jetului $w_{Ar} = 3800$ m/s. La ieșirea jetului din ajutorajul 60, se obține forța de propulsie a reactorului, conform principiului conservării impulsului:

$$F = m_{ga} \times W_{Ar} / t. \text{ (N)}$$

m_{ga} - masa de gaze arse ce trece într-o oră prin ajutoraj (kg);

W_{Ar} - viteza jetului de gaze la ieșirea din ajutorajul reactorului (m/s);

t - timpul; $t = 3600$ s.

Forța de propulsie a reactorului este proporțională cu cantitatea de combustibil consumată într-o oră în camera de combustie. Pentru kerosen având $\beta = 2,95$, cantitatea de combustibil arsă în reactor într-o oră, pentru obținerea unei forțe de propulsie $F_p = 100.000$ N, este $m_{cr_{100kN}} = 2110$ kg. De exemplu, dacă avem nevoie de un reactor care să dezvolte o forță de propulsie de 108 kN, consumul orar de combustibil va fi de: $m_{cb_r} = 108 \text{ kN}/100 \text{ kN} \times 2110 \text{ kg} = 2279 \text{ kg}$.

Formula de echivalență $m_{cr_{100kN}} = 2110$ kg kerosen, între forța de propulsie și consumul de combustibil orar al reactorului MTRTC, este valabilă când avem reactorul 1 echipat cu: camera de combustie 63, combustorul inelar 66, subansamblul injecție combustibil 67, injectoarele 70, efuzorul exterior 65 și ajutorajul 60, ale unui motor turbofan din aviație cu randament de 80%, producție General Electric, Rolls - Royce, Williams sau Pratt & Whitney.

Formula de echivalență între forța de propulsie și consumul de combustibil caracterizează toate motoarele turbofan cu randament de 80...84% ce echipează avioanele de transport civil de capacitate 10...555 persoane și viteze de 700...920 km/h, proiectate și fabricate după 1980. Pentru motoarele turbofan din aviația civilă, $m_{cr_{100kN}} = 2270...2370$ kg, dedus din consumul de combustibil orar al motoarelor General Electric, Rolls - Royce, Williams, Pratt & Whitney.

RO 123404 B1

Motorul cu reacție pe traiectorie circulară este compus dintr-un arbore **4**, pe butucul **5** căruia se află montate brațele **2** motoare în același plan de rotație, iar în extremitatea fiecărui braț motor, este dispus un reactor **1**, care se deplasează pe o traiectorie circulară de diametru D_{rt} cuprins între 3 m, pentru un reactor cu forța $F_{pr} = 6,3$ kN, și 16 m pentru reactor cu forța $F_{pr} = 123$ kN. Numărul de brațe ce se rotesc în același plan de rotație este de două, trei sau patru, în funcție de energia utilă pe care trebuie să o producă motorul. Motorul poate avea reactoarele dispuse într-un singur plan de rotație sau în două planuri, practic, pentru a avea o echilibrare dinamică eficientă, este impusă proiectarea MTRTC cu un singur plan de rotație, pentru $D_{rt} > 3$ m.

Este necesar ca ansamblul braț - reactor să aibă centrul de greutate C_{rb} astfel poziționat, încât să avem un moment motor și nu un moment de frânare, stabilindu-se astfel valoarea unghiului θ din fig. 7 - desen. 01.02 - I.

Structura motorului termic cu reacție pe traiectorie circulară.

Motorul cu reacție pe traiectorie circulară MTRTC este compus din următoarele subansambluri principale:

Reactorul **1** plasat în extremitatea brațului motor **2** și compus din difuzor **103** omogenizare și direcționare debit aer ardere, camera de combustie **63** cu injectoare **70** și bujie de aprindere **99**, efuzor exterior **65**, efuzor central **71**, ajutoraj coinelar **60** ejectare gaze arse, carcasă difuzor **96** cu carcasă exterioară **64** admisie și direcționare aer răcire reactor.

Pentru dimensionarea reactorului, se pornește de la un motor turbofan, ce are randament de 80%, un anumit consum de combustibil și o anumită forță de propulsie, de la care vom folosi: camera de combustie cu sistemul de injecție, debitele, presiunile combustibilului și ale aerului de ardere, precum și secțiunile și lungimile efuzorului și ale ajutorajului de ejectare a gazelor arse, pe care le va avea și reactorul **1**. Prototipul reactorului va fi testat la început pe standul de probe, pentru determinarea randamentului termic și ai parametrilor tehnici de funcționare, asemănător probelor pentru motoarele turbojet și turbofan.

Reactorul va fi testat în diferite regimuri de funcționare, prin alimentarea cu combustibil la diferite trepte de alimentare, cuprinse între 0,60 și 1 din consumul maxim, și urmărind până la ce treaptă minimă avem randamentul performant. Se vor trasa diagramele de funcționare ale reactorului: forța de propulsie F_{pr} în funcție de consumul de combustibil m_{cb_r} , energia utilă E_{ur} în funcție de consumul de combustibil m_{cb_r} , randamentul reactorului η_r în funcție de consumul de combustibil m_{cb_r} , randamentul de propulsie al reactorului η_{pr} în funcție de m_{cb_r} . Se consideră randamente performante pentru reactorul **1** la testarea pe standul de probe, următoarele valori: pentru randamentul reactorului $\eta_r = 78...82,5\%$, iar pentru randamentul de propulsie $\eta_{pr} = 92,5...97\%$. Se consideră randamente admisibile pentru reactorul **1**, la testarea pe bancul de probe, următoarele valori: pentru randamentul reactorului $\eta_{ra} = 65,5\%$, iar pentru randamentul de propulsie $\eta_{pra} = 80\%$. Sub aceste valori admisibile ale randamentului reactorului pe standul de probe nu este economică omologarea de motoare MTRTC, pentru că avem randament teoretic neconcludent, aproximat la $\eta_{MT} = 57\%$.

După perfecționarea lui pe standul de probe la randamentul maxim obținut peste valoarea admisibilă η_{ra} , reactorul va fi probat în mișcare de rotație pe prototipul MTRTC, trasând diagramele de funcționare ale motorului: energie utilă E_{uM} în funcție de consumul de combustibil m_{cb} , cuplu motor M_t în funcție de consumul de combustibil m_{cb} , randament motor η_{MT} în funcție de consumul de combustibil m_{cb} , turație n în funcție de consumul de combustibil m_{cb} ($m_{cb} = n_t \times m_{cr}$).

Din calcule, pentru a avea valori minime ale accelerației coriolis și accelerației centrifuge, acestea conducând la valori reduse ale deviației jetului de gaze din reactor, se impune a avea viteze de rotație maxime $W_{max} = 6,5$ rad/s, pentru $D_{rt} = 16$ m. Aceste valori ale vitezei de rotație se obțin prin montarea a doi volanți **3** pe butucul **5** al arborelui **4**. Pentru viteza de rotație $w = 5,9$ rad/s, deviația maximă a jetului, calculată la ieșirea din efuzor este $d_2 = 17,81$ mm, pentru reactorul cu $F_{pr} = 108$ KN.

RO 123404 B1

Prin reducerea vitezei de rotație a arborelui motor, se obțin efecte minime ale forței coriolis și forței centrifuge asupra jetului de gaze din efuzor și ajutoraj, precum și asupra curentului de aer de răcire, obținând în final pierderi energetice minime, cauzate de aceste forțe.

Reactorul **1** are un regim maxim de funcționare când dezvoltă forță de propulsie și energie utilă la nivel maxim; și un regim minim de funcționare 70% din regimul maxim, producând forță de propulsie și energie utilă la nivel minim.

Pentru buna direcționare a jetului de aer spre camera de combustie **63**, difuzorul **103** are practicate pe suprafața sa aripioare longitudinale. Pentru primul prototip al reactorului **1**, se va testa difuzorul **103** fix cu aripioare, iar apoi difuzorul rotativ cu ventilator, se va alege varianta optimă.

Arborele asamblat **4**, format din: arborele motor **120** tubular, tub aer comprimat **124**, racorduri rotative **19** aer comprimat ardere, racorduri rotative aer răcire **18**, tub combustibil **121**, tub protecție cablaj **122**, cablaj automatizări **123**, rulmenți lagăre **7**, **11**, clopot I **125** direcționare debite aer ardere, clopot II **126** direcționare debite aer răcire. Arborele asamblat **4**, împreună cu butucul **5**, brațele reactoare **2**, reactoarele **1**, volanții **3** și roțile dințate **10**, **14**, formează rotorul MTRTC. Acest ansamblu are moment de inerție mecanic mare și trebuie prevăzut cu un sistem de frânare pe arborele secundar al reductorului **30**, pentru micșorarea timpului de frânare la oprirea motorului.

De asemenea, subansamblurile care compun ansamblul rotor vor fi cântărite cu precizie, pentru a avea o echilibrare dinamică eficientă. Lagărele motorului au rulmenți **7** și **11** radiali oscilanți cu role butoi SKF, pentru că au pierderi energetice mici prin frecare, preiau încărcări dinamice mari și au posibilitatea preluării sarcinilor axiale în cazul tangajului la motoarele de navă.

Subansamblul carter motor compus din carter inferior **8** și carter superior **9** cuprinde: lagăre rulmenți, carcasă motor, suport motor, suport radiator, suport pompă injecție, sistem izolare fonică motor. Distanța între peretele carterului și reactorul **1** se va alege pentru a avea un nivel minim al vibrațiilor, etanșare fonică eficientă, evacuare optimă a căldurii disipate, iar jetul incandescent să nu afecteze pereții carterului.

Sistemul de alimentare cu combustibil, format din: două grupuri pompă injecție **22**, casete combustibil **21**, conducte transport combustibil **121**, **118** prin interiorul arborelui asamblat **4** și al brațelor **2** către reactoarele **1**, și injectoarele **70**. Pompa de alimentare, bateria de filtrare combustibil și rezervorul considerăm că fac parte din grupul pompă injecție **22**. Grupul pompă injecție **22** vehiculează combustibilul din rezervor spre caseta kerosen **21**, care direcționează debitul în interiorul tubului kerosen **121** prin arborele asamblat **4**, apoi debitul intră în conducta kerosen **118** ce trece prin braț **2** și ajunge în reactorul **1** prin racordul combustibil **102**. În reactorul **1**, kerosenul sub presiune trece prin subansamblul injecție combustibil **67**, ajungând în injectoarele **70**, care îl pulverizează în camera de combustie **63**, cu presiunea nominală apreciată de 30 at.

Sistemul de alimentare cu aer ardere, compus din: două grupuri compresoare aer **16**, amplasate în exteriorul MTRTC având presiunea nominală $p_c = 8$ at, care debitează aerul comprimat prin tubulatura aer ardere **48**, racord rotativ **19**, tub aer comprimat **124** din arbore motor, tub aer comprimat **119** din braț motor, spre reactor **1**. Aerul de ardere ajunge în camera de ardere **63** a reactorului **1** la presiunea de 7,5 at, identic cu motorul turbofan. Grupurile compresor **16** sunt compuse din compresoare axiale. Pentru reducerea pierderilor prin frecare, tubulatura și racordurile vor avea rugozitatea de maximum 0,04 μm , acest lucru fiind valabil și pentru sistemul de răcire.

RO 123404 B1

Sistemul de răcire cu aer al reactorului 1 este format din: două grupuri ventilatoare	1
de aer amplasate în exteriorul motorului, care debitează aerul de răcire cu $p_r = 2500$ mm col. apă, prin: tubulatură aer răcire 49, racord rotativ 18, arborele motor 120, tub braț 110 spre reactor 1, răcindu-l, ajungând în carcasa exterioară 64 reactor la presiunea $p_{rc} = 1000$ mm col. apă. Debitul aerului de răcire este de 10 ori mai mic decât la motoarele turbofan, deoarece nu avem turbină care să necesite un debit mare de aer pentru răcire, iar viteza aerului când trece în porțiunea de răcire din carcasa exterioară 64 este de 5...8 m/s, de zece ori mai mică decât la motoarele turbofan, obținând astfel o creștere de temperatură $\Delta T = 30^\circ\text{C}$, suficient de mare astfel încât să avem o răcire eficientă. La testarea reactorului pe bancul de probe, se poate determina cu exactitate debitul de răcire necesar.	3
Sistemul de evacuare al gazelor arse format din: difuzoare aspirație gaze 25 arse din carter, tubulatură evacuare gaze arse 47, ventilatoare axiale 26 evacuare gaze arse.	5
Ansamblul de lubrifiere a lagărelor 27 cu rulmenți, compus din: pompă de ungere, bazin de ulei, sistem filtrare ulei, radiator ulei, conducte circuit ulei, subansamblu ungere rulmenți.	7
Sistemul de răcire carter motor, format din: ansamblu răcire carter inferior 28 și ansamblu răcire carter superior 34. Fiecare din aceste ansambluri este compus din: pompă de apă, radiatoare răcire, radiatoare încălzire apă în carter, conducte circulație apă, ventilator.	9
Sistemul electric format din: generatorul electric 29, ansamblul electric distribuție 32, cablaj electric alimentare acționări. Reductorul 30 antrenează generatorul electric 29, producând energie electrică, care este distribuită de ansamblul electric 32 tuturor acționărilor motoarelor electrice ale MTRTC. Grupurile compresoare 16, grupurile ventilatoare 12, grupurile pompă injecție 22, ventilatoarele axiale 26, ansamblul lubrifiere lagăre 27, ansamblurile răcire carter 28, 34 sunt acționate de motoare electrice alimentate de generatorul electric 29.	11
Ansamblul automatizat 33 de conducere proces, funcționare motor și urmărire parametrilor tehnici de funcționare motor. Prin acest sistem se conduce funcționarea optimă a motorului și se urmăresc: energia orară utilă puterea; cuplul motor; turația arborelui; debitul și presiunea combustibilului de alimentare; debit, presiune aer ardere; temperatura și viteza gazelor din reactor; temperatura carcasei reactorului; temperatura și debitul lubrifiantului din lagăre; temperatura și presiunea apei din circuitul de răcire; amplitudinea vibrațiilor din lagărele motorului. Prin acest ansamblu automatizat 33, se conduce procesul de funcționare al MTRTC, împreună cu mașinile mecanice și electrice care îl compun: compresoare, ventilatoare, pompe, generator electric, motoare electrice, ansamblu electric distribuție, reductor turație.	13
Combustibilii care pot fi folosiți la acest tip de motor sunt:	15
- combustibili lichizi: kerosen, benzină, gpl;	
- combustibili gazoși: hidrogen, gaz metan.	17
Dezavantaje: necesită la început fonduri de investiție importante pentru fabricarea unui prototip, nivel de zgomot ridicat, gabarit mare comparativ cu motoarele turbină pentru gama de puteri 1...100 MW.	19
Pentru MTRTC de energii utile cuprinse între 1 și 100 MW, având în vedere experiența în proiectarea, producția și datele tehnice ale motoarelor turbofan folosite în aviație, în ceea ce privește reactorul 1 al MTRTC, precum și tehnologiile existente în domeniul fabricației turbinelor hidraulice cu gabarite și turații asemănătoare, este sigură posibilitatea fabricării de motoare MTRTC cu randament performant de 60...70%, având combustibil kerosenul.	21

RO 123404 B1

Reactorul 1 folosește elemente tipizate și de proiectare ale motoarelor turbofan, cum ar fi: camera de combustie cu sistemul de injecție, efuzorul va fi reproiectat eliminând rotorul turbinei, ajutorul de ejectare a gazelor va fi păstrat identic; protecția termică a componentelor reactorului, senzori și elemente automatizare; precum și elemente de dimensionare (secțiuni, lungimi și parametri tehnici presiuni, debite, temperaturi, viteze jet).

De asemenea, compresorul motorului turbofan are randament performant, putând fi adaptat să funcționeze independent de reactorul 1, în exteriorul MTRTC, acționat de un motoreductor electric, debitând aer comprimat pentru alimentarea reactoarelor. Debitul aerului de ardere al reactorului va fi egal cu al motorului turbofan echivalent, când acesta se află la începutul zborului la altitudinea de croazieră, fiind menținut constant indiferent de nivelul de funcționare, minim sau maxim.

Primul prototip al reactorului MTRTC va fi echivalentul unuia dintre cele mai mici motoare turbofan: FJ 44 - 3A Williams care are $F_{p_t} = 12,5$ KN, iar prin transformarea lui în reactor, vom obține forța de propulsie reactor $F_{p_r} = 10$ KN cu costuri minime pentru proiectarea, testarea și perfecționarea pe standul de probe. Acest fapt conduce la cheltuieli minime și cu primul prototip MTRTC, care va avea următorii parametri:

$E_u = 2,7$ MW, $w = 20$ rad/s, $M_m = 30.000$ Nm, $D_{rt} = 3$ m, $\eta_t = 2$, $\eta_{MMT} = 70,3\%$, $\eta_{mMT} = 65\%$, gabaritul volumic $3,9 \times 3,9 \times 2,6$ m, și gabaritul masic 20 t. Alegerea acestui motor ca prototip a fost determinată de găsirea unor date tehnice complete pentru turbofanul FJ 44 - 3A Williams.

Funcționarea motorului termic cu reacție pe traiectorie circulară.

În continuare vom studia modul de funcționare al motorului cu reacție pe traiectorie circulară cu patru reactoare 1, dispuse în același cerc de rotație și decalate echidistant la 90° . Arborele asamblat 4 este tubular, în trepte, permițând alimentarea cu combustibil, aer alimentare și aer răcire, pe o parte, a două reactoare 1, decalate la 180° iar în cealaltă extremitate permite alimentarea celorlalte două reactoare.

Alimentarea cu aer și combustibil a două reactoare se face cu un grup compresor 16, format din două compresoare și o pompă de injecție 22, dispuse într-o extremitate a arborelui motor, iar în cealaltă extremitate avem un grup compresor 16 și o pompă de injecție 22 pentru alimentarea celorlalte două reactoare 1.

Aerul pentru răcirea reactoarelor este dat de două grupuri de ventilatoare 12, situate în exteriorul motorului, un grup ventilator pentru două reactoare opuse, decalate la 180° .

Acest motor are posibilitatea de a funcționa cu două sau cu patru reactoare. Atunci când motorul funcționează cu două reactoare 1, practic el furnizează jumătate din energia utilă nominală a motorului având regim de lucru la jumătate din capacitate, alimentarea cu combustibil și aer făcându-se numai pe o singură parte a arborelui asamblat 4. Arborele asamblat 4 este astfel proiectat, încât să permită alimentarea separată cu combustibil, aer alimentare și aer răcire a două perechi de reactoare 1 opuse.

Când motorul funcționează cu toate cele patru reactoare, el este la întreaga capacitate de lucru.

Pentru pornirea motorului, este necesar să avem în funcțiune un singur compresor din grupul compresor 16, acest compresor având și posibilitatea să fie pornit separat de grupul electrogen 51, și pompa de injecție 22 de pe aceeași parte cu compresorul, pompa de injecție debitând combustibilul progresiv la pornire, astfel obținând pornirea MTRTC în două reactoare 1, cu ajutorul jetului progresiv de gaze, din cele două reactoare care produc forța de propulsie ce dezvoltă cuplul motor ce crește progresiv și angrenează în mișcare de rotație arborele motor 4. Această pompă de injecție 22 este acționată electric, funcționând cu un debit de 55% din debitul maxim. Este necesar să fie pornite pompa de ungere lagăre 27, un ventilator din grupul ventilator 12 de răcire și șase din cele treizeci și patru ventilatoare 26 de evacuare a gazelor arse din carter, acționate de grupul electrogen 51.

RO 123404 B1

Dacă MTRTC acționează o navă maritimă, la pornirea sa se poate folosi grupul electrogen **51**, disponibil pe navă, pentru acționarea unui compresor **16**, a unui ventilator **12**, a unei pompei de injecție **22**, a pompei de ungere **27**, a ventilatoarelor **26** menționate, a ansamblurilor răcire carter **28**, **34**, până la intrarea în lucru a generatorului **29**.

Progresiv, motorul ajunge în regim de lucru cu două reactoare, pune în mișcare generatorul electric **29**, care debitează energie electrică pentru acționarea tuturor mașinilor mecanice ale motorului MTRTC, astfel motorul ajunge la parametrii de funcționare "la relanti", având viteza de rotație $w = 3 \text{ rad/s}$, un consum de combustibil de aproximativ 25...30% din consumul maxim, asigurând astfel energia electrică necesară, pentru acționarea tuturor consumatorilor motorului cu reacție pe traiectorie circulară, la parametrii nominali; intră în funcțiune al doilea compresor **16**, al doilea ventilator **12**, precum încă unsprezece ventilatoare **26**, pentru evacuarea gazelor arse din carterul motor, iar mașinile mecanice acționate la pornire de grupul electrogen **51** al navei sunt trecute la acționarea de către generatorul electric **29** al MTRTC.

Pentru a avea funcționarea la capacitate cu patru reactoare a motorului, se pun în regim de lucru și celelalte două reactoare, prin pornirea pompei de injecție **22**, a grupului compresor **16** și a grupului ventilator **12** răcire, acționate electric și situate în partea opusă. Vor fi acționate restul de șaptesprezece ventilatoare **26**, după care MTRTC este cuplat la acționarea mașinii mecanice sau a utilajului pe care a fost proiectat să-l propulseze, consumul de combustibil crescând la valoarea regimului de funcționare stabilit, motorul intrând în regimul programat de lucru. Debitele de combustibil ale pompelor de injecție **22** vor crește de așa manieră, astfel încât viteza de rotație w să nu depășească niciodată $6,5 \text{ rad/s}$, acest lucru fiind realizat prin ansamblul automatizat **33** al MTRTC; viteza de rotație fiind un parametru de funcționare controlat și condus automatizat.

După regimul de lucru al utilajului la care este conectat, MTRTC poate să funcționeze în treapta II cu patru reactoare sau cu două reactoare la jumătate din capacitate, în treapta I. De exemplu, dacă MTRTC acționează o navă maritimă de transport marfă, atunci când nava este încărcată la capacitate, MTRTC funcționează cu patru reactoare, iar când nava este neîncărcată, motorul funcționează cu două reactoare.

Tipuri constructive de motoare cu reacție pe traiectorie circulară.

Clasificarea din punct de vedere constructiv a MTRTC se distinge în funcție de:

- numărul de traiectorii de rotație, care este unul sau două;
- numărul de reactoare aflate pe o traiectorie de rotație, care pot fi două, trei sau patru;
- alimentarea pe o singură extremitate a arborelui motor sau pe ambele extremități ale arborelui, această ultimă opțiune oferind posibilitatea alegerii funcționării motorului la jumătate sau la întreaga capacitate.

Indicarea modulului în care invenția poate fi exploatată industrial.

În continuare, vom prezenta câteva valori proiectate ale MTRTC, împărțindu-le în două categorii, după cum urmează: MTRTC în gama de puteri 1...25 MW și MTRTC în gama de puteri 25...100 MW. Parametrii principali ai acestor motoare sunt trecuți în tabelele următoare.

MTRTC în gama de puteri 1...25 MW

MTRTC		2,7 MW	5,4 MW	6,5 MW	13 MW
nt	b	2	4	2	4
ntc	b	1	1	1	1
mcb	kg	324,8	6496	750	1500
turbofan	tip	FJ 44 - 3A	FJ44-3A	AE 3007 CI	AE 3007 CI
Fpt	KN	12,5	125	30	30
F _{prM}	KN	10	10	20	20

RO 123404 B1

Tabel (continuare)

MTRTC		2,7 MW	5,4 MW	6,5 MW	13 MW
q_{crM}	l/s	0,05638	0,05638	0,1301	0,1301
Q_{aar}	Nm ³ /s	2,496	2,496	4,837	4,837
Q_{arrM}	Nm ³ /s	0,9	0,9	2,2	2,2
m_r	kg	400	400	1000	1000
m_b	kg	150	150	1000	1000
J_{arm}	kgm ²	10350	20700	109740	219480
D_{rt}	m	3	3	6	6
M_{mM}	Nm	30000	60000	120000	240000
M_{tM}	Nm	135700	271400	664343	1328687
E_{uM}	MW	2,7	5,4	6,47	12,94
n_M	rot/m	190	190	93	93
η_{MMT}	%	70,2	70,2	72,5	72,5
η_{mMT}	%	65	65	67	67
gabarit v	m ³	4,2x4,2x2,6	4,2x4,2x3	8x8x3,3	8x8x4
gabarit m	t	20	30	76	110

nt - număr reactoare motor; ntc - număr traiectorii de rotație; mcb - consum combustibil orar motor; turbofan - tipul motorului turbofan echivalent cu reactorul 1; Fpt - forță propulsie motor turbofan echivalent; F_{prM} - forță propulsie reactor în regim maxim de funcționare MTRTC; q_{crM} - debit combustibil reactor în regim maxim motor; Q_{aar} - debit aer ardere reactor; Q_{arrM} - debit aer răcire reactor în regim maxim motor; m_r - masă reactor; m_b - masă braț; J_{arm} - momentul de inerție mecanic total al rotorului MTRTC; D_{rt} - diametru rotire reactoare;

M_{mM} - moment motor în regim maxim MTRTC;

M_{tM} - cuplu motor în regim maxim MTRTC;

E_{uM} - energie utilă dezvoltată de MTRTC în regim maxim de funcționare;

n_M - turație motor în regim maxim de funcționare;

η_{MMT} - randament MTRTC în regim maxim de funcționare;

η_{mMT} - randament MTRTC în regim minim de funcționare;

Gabarit volumic - dimensiunile de gabarit ale MTRTC;

Gabarit masic - greutatea MTRTC. $M_{mM} = n_t \times F_{prM} \times 0,5D_{rt}$; ($M_{tM} = E_{uM}/w$)

MTRTC în gama de puteri 25...100 MW

MTRTC		35 MW	52,3 MW	76 MW	87,2 MW
nt	b	4	4	4	4
ntc	b	1	1	1	1
mcb	kg	4136	6110,4	9116	10347,2
turbofan	tip	BR 710	CFM56 - 3B	V2500A5	PW 2000
Fpt	KN	66	97,9	147	165,7
F_{prM}	KN	49	72,4	108	122,6
q_{crM}	l/s	0,3502	0,5174	0,7913	0,8762
Q_{aar}	Nm ³ /s	9,7655	14,427	21,494	24,43
Q_{arrM}	Nm ³ /s	5,468	8,079	12,1	13,68
m_r	kg	2000	2500	2900	3500
m_b	kg	1400	2700	4779	5200
J_{arm}	kgm ²	632200	2259929	3391374,6	3822901
D_{rt}	m	8	16	16	16
M_{mM}	Nm	784000	2316800	3456000	3923200
M_{tM}	Nm	6153219	9080513	13260200	15139975

RO 123404 B1

Tabel (continuare)

MTRTC		35 MW	52,3 MW	76 MW	87,2 MW
Eu_M	MW	35,44	52,3	76,7	87,2
n_M	rot/min	55	55	55	55
η_{MMT}	%	72	72	70,79	70,8
η_{mMT}	%	67	67	65	65
gabarit v	m ³	10x10x5	20x20x9	20x20x9,5	20x20x10
gabarit m	t	250	396	590	670

Prezentarea pe scurt a fiecărui desen

Prezentarea fig. 1 - desen - 01.00. - I. - desenul de ansamblu al motorului termic.

Rotorul acestui motor este compus din: arbore asamblat **4**, butucul **5** în care se află montate brațele **2** cu volanții **3**, iar reactoarele **1** sunt montate pe brațele **2**, prin intermediul șuruburilor **38**, **42**, al piulițelor **40**, **41**, **43**, **44** și șaibelor conice **39**. Butucul **5** este fixat pe arborele asamblat **4**, cu ajutorul bușelor **6**. Arborele asamblat **4** este lăgăruit în rulmenții **7**, **11**, având montat pe extremități: roata dințată dublă **10** de angrenare roată balador **17**, și roata dințată **14** acționare utilaj, solidarizate pe arborele **4** prin flanșele **24**. Volanții **3** sunt rigidizați de brațele **2** cu șuruburile **36**, **37** și șaibele **46**. Rulmenții **7**, **11** sunt montați în semilagărele carterului inferior **8** și carterului superior **9**, rezemați cu capacele lagăr **13**, având și ansamblu lubrifiere lagăre **27**. Pe capetele arborelui asamblat **4**, avem următoarele: racorduri rotative aer răcire **18**, racorduri rotative aer ardere **19**, casetă distribuție circuite automatizare **20**, casete distribuție kerosen **21**, grupuri pompe injecție **22**, tubulaturi alimentare aer ardere **48**, tubulaturi alimentare aer răcire **49**. Debitul de aer ardere este produs de grupurile compresoare **16**, iar debitul de aer de răcire este produs de grupurile ventilator **12**. Gazele arse sunt aspirate din carter prin difuzoarele **25** de către ventilatoarele axiale **26** și expulzate prin tubulaturile evacuare **47**. Carterul inferior **8** este răcit de ansamblul răcire carter inferior **28**, iar carterul superior **9** de către ansamblul răcire carter superior **34**.

Pentru pornirea MTRTC, avem nevoie de grupul electrogen **51**, iar în funcționare, motorul folosește generatorul electric **29**, care este acționat de reductorul **30**, prin intermediul volanțului **52**. Consumatorii electrici ai motorului sunt alimentați de ansamblul electric distribuție **32**, iar procesul de funcționare este automatizat de către ansamblul automatizat **33** conducere motor. Motorul dispune de grup rotire **31** în timpul reparațiilor.

Prezentarea fig. 2 - desen - 01.00. - II - secțiune transversală prin motorul termic.

Se prezintă modul de dispunere al reactoarelor **1** pe brațele **2**, urmând traiectoria de rotație de diametru $D_{rt} = 16$ m. Distingem volantul **3** împărțit în patru și rigidizat cu șuruburile **56**, **57** și piulițele **58**, **59**. În carcasa carterului inferior **8** și carterului superior **9** se află panourile radiatoare ale ansamblurilor răcire **28**, **34** carter și difuzoarele **25** aspirație gaze.

Prezentarea fig. 3 - desen - 01.00. - III. - secțiune longitudinală prin sistemul lateral de alimentare cu combustibil, aer ardere, aer răcire.

Pe extremitățile arborelui asamblat **4**, avem montate: racorduri rotative aer răcire **18**, racorduri rotative aer ardere **19**, caseta distribuție circuite automatizare **20** și casete distribuție kerosen **21**. Flanșele I și II **24** de fixare a roților dințate **10**, **14** sunt rigidizate pe arborele asamblat **4**, cu ajutorul șuruburilor **23**.

Prezentarea fig. 4 - desen - 01. 01. - I/A - secțiune longitudinală prin reactorul 1.

Reactorul 1 este constituit din următoarele componente principale:

I. ansamblul difuzor;

I. ansamblul combustie;

RO 123404 B1

III. ansamblul efuzor;

IV. ansamblul ajutoraj;

V. ansamblul răcire.

Debitul de kerosen intră în reactorul 1 prin racordul combustibil 102. Debitul aerului de ardere intră în reactorul 1 prin spațiul dintre difuzorul 103 și carcasa difuzor 96, după care trece în statorul difuzorului 84 spre camera de combustie 63. Camera de ardere 63 este compusă din: subansamblul injecție combustibil 67, combustor inelar 66, bujie aprindere 99, suport inferior 81 și suport superior 83. Jetul de gaze incandescent trece prin spațiul dintre efuzorul central 71 și efuzorul exterior 65 spre ajutorajul coinelar 60. Debitul aerului de răcire intră în reactorul 1 prin spațiul dintre carcasa difuzor 96, carcasa frontală 72, spre efuzorul exterior 65, ajutorajul coinelar 60, carcasa exterioară 64, și tubul răcire ajutoraj 94. Suportul 105 susține partea anterioară a reactorului 1, cuprinzând carcasa frontală 72 prinsă cu șuruburile 74 și șaibele 73. Statorul difuzor 84 este fixat în carcasa difuzor 96 cu șuruburile 80. Carcasa frontală 72 cu tubul răcire ajutoraj 94 sunt solidarizate pe carcasa exterioară 64 prin șuruburile 91 și piulițele 92. Camera de combustie 63 este montată de carcasa difuzor 96 prin intermediul șuruburilor 80, respectiv, de efuzorul exterior 65, prin șuruburile 82, iar efuzorul exterior 65, de ajutorajul coinelar 60, prin șuruburile 61 și piulițele 93. Cablajul de automatizare 101 este conectat cu: senzorii temperatură 98 reactor, senzorul presiune aer difuzor 100, senzorul presiune combustibil 104 și bujia 99.

Greutatea de echilibrare dinamică 97 este poziționată sub reactor 1, pe brațul 2.

Prezentarea fig. 5 - desen - 01.01- II /A, "detaliu A" din fig. 4, semnificând o secțiune longitudinală prin difuzor și camera de combustie.

Difuzorul 103 este montat pe efuzorul central 71, cu ajutorul șaibei dilatație 77, al piuliței 75 și al piuliței joase 76, iar frontal are capacul 85 fixat prin șurubul 90. Difuzorul 103 este rigidizat de statorul difuzor 84 prin șuruburile 108, statorul difuzor 84 fiind premontat de camera de ardere 63 prin șuruburile 95. Camera de combustie 63 este solidarizată de carcasa exterioară 64 prin suporturile inferioare 81, respectiv, superioare 83 și șuruburile 68, 62.

Camera de combustie 63 este compusă din: combustorul inelar 66 care este fixat de suportul combustor 69 prin șuruburile 78 și rigidizat de camera de ardere cu șuruburile 88. De asemenea avem subansamblul injecție combustibil 67, injectoarele 70, protecția termică 89 montată pe efuzorul central 71 prin șuruburile 79; protecția termică 106 cameră ardere, bujia 99. Această variantă constructivă a ansamblului difuzor I prezintă avantajul admisiei optime a jetului de aer comprimat în camera de combustie 63 prin lipsa arborelui difuzor ce traversează jetul. Difuzorul 103 are aripioare longitudinale direcționare jet aer combustie.

De remarcat că injectoarele 70 sunt de tip injectoare cu două duze, adică cu două debite separate de kerosen, brevet General Electric.

Prezentarea fig. 6 - desen - 01.01. - III - secțiunea A -A din fig. 1.

În această secțiune se distinge poziția concentrică a efuzorului exterior 65 de care este solidarizată protecția termică 86, față de carcasa exterioară 64, de asemenea, tot aici, observăm sistemul de prindere a reactorului 1 de brațul 2, prin intermediul șuruburilor 38, șaibelor 39, piulițelor 40, 41, în locașul șurub 87.

Prezentarea fig. 7 - desen - 01.02. - I - vedere din lateral a brațului.

Brațul 2 are componentele principale: tubul braț 110 cu montantul 111, care sunt solidarizați de butucul 5 cu ajutorul ramforsării I, 109, al ramforsărilor II, 112 și al plăcii spate 113, apoi în partea superioară de prindere a reactorului 1, avem: flanșa braț 115, guseele 114 și 116. Prin brațul 2, debitul aerului de ardere circulă prin tubul aer comprimat 119, iar

RO 123404 B1

debitul de combustibil prin conducta kerosen **118**, apoi cablajul de automatizare **117** este conectat la cablajul automatizare **101** reactor. Pe acest desen avem poziționate: centrul de greutate reactor **Cr**, centrul de greutate braț **Cb** și centrul de greutate ansamblu reactor-braț **Crb**.

Prezentarea fig. 8 - desen - 01.04. - I. - vedere longitudinală în secțiune a arborelui.

Arborele asamblat **4** este compus din arborele motor **120**, care are montate în interiorul său: tubul kerosen **121**, tuburile protecție **122**, tubul aer comprimat **124**, clopotul I **125**, clopotul II **126** și cablajul automatizare **123**. În acest desen, se disting: traseul kerosenului, traseul debitului aer ardere, traseul debitului aer răcire, traseul cablajului de automatizare prin interiorul arborelui asamblat **4**, respectiv montajul butucului **5** pe arborele motor **120** prin intermediul bușelor butuc **6** și al șuruburilor **50**, respectiv al șuruburilor **45** cu șaibele **54**; de asemenea, avem montajul rulmenților **7** și **11** prin intermediul ansamblurilor fixare **15** și **35** pe arborele motor **120**, iar în semilagărele carterului **8** și **9**, rulmenții **7** și **11** sunt fixați cu capacele **13** rigidizate prin șuruburile **55**. Volanții **3** sunt solidarizați de brațele **2** prin șuruburile **36**, **37** și șaibele conice **46**.

Listă inventar

126	Clopot II
125	Clopot I
124	Tub aer comprimat ($\varnothing$ 312 x $\varnothing$ 356)
123	Cablaj automatizare
122	Tub protecție ($\varnothing$ 125 x $\varnothing$ 150)
121	Tub kerosen ($\varnothing$ 21 x $\varnothing$ 80)
120	Arbore motor (35 CN 25)
Poz	Denumire reper

Fig. 8 - desen - 01.04. planșa I - Arborele motor asamblat

119	Tub aer comprimat ($\varnothing$ 195 x $\varnothing$ 219)
118	Conducta kerosen ($\varnothing$ 15x $\varnothing$ 30)
117	Cablaj automatizare
116	Guseu I 24
115	Flanșă braț
114	Guseu
113	Placă spate
112	Ramforsare 2
111	Montant
110	Tub braț $\varnothing$ 436 x $\varnothing$ 508
109	Ramforsare 1
Poz	Denumire reper

Fig.7 - desen - 01.02. planșa I - Braț

108	Șurub imbus M 10 x 45
107	Piulița racord aer
106	Protecție termică cameră ardere
105	Suport
104	Senzor presiune combustibil
103	Difuzor

RO 123404 B1

Tabel (continuare)

1
3
5
7
9
11
13
15
17
19
21
23
25
27
29
31
33
35
37
39
41
43
45

102	Racord combustibil
101	Cablaj automatizare
100	Senzor presiune aer difuzor
99	Bujie
98	Senzor temperatură reactor
97	Greutate echilibrare dinamică
96	Carcasă difuzor
95	Șurub M 16x40
94	Tub răcire ajutaj
93	Piuliță M 18
92	Piuliță joasă M 10
91	Șurub imbus M 10 x 50
90	Șurub imbus M 18x60
89	Protecție termică
88	Șurub imbus M 8 x 20
87	Locaș șurub
86	Protecție termica efuzor exterior
85	Capac difuzor
84	Stator difuzor
83	Suport superior
82	Șurub imbus M 16x43
81	Suport inferior
80	Șurub M16x 65
79	Șurub imbus M 8 x 25
78	Șurub conic M 8 x 15
77	Șaibă dilatație
76	Piuliță joasă M 84
75	Piuliță M 84
74	Șurub hex. M 14x30
73	Șaibă plată $\varnothing 15 \times \varnothing 24 \times 2,5$
72	Carcasă frontală
71	Efuzor central
70	Injector
69	Suport combustor
68	Șurub imbus M 16 x 40
67	Subansamblu injecție combustibil
66	Combustor inelar
65	Efuzor exterior
64	Carcasă exterioară
63	Cameră combustie
62	Șurub imbusM 16x30
61	Șurub imbus M 18x60
60	Ajutaj coinelar
Poz	Denumire reper

Fig. 4, 5 și 6 - desen - 01.01. planșele I/A, II/A, III - Reactor

RO 123404 B1

Tabel (continuare)

59	Piuliță hex. joasă M 42 x 3	1
58	Piuliță hex. cu guler M 42 x 3	3
57	Șurub hex. M 42 x 3 x 600	
56	Șurub hex. M 42 x 3 x 650	5
55	Șurub imbus M 30 x 140	
54	Șaibă grower N 72	7
53	Ambreaj	
52	Volant generator	9
51	Grup electrogen pornire	
50	Șurub imbus M 48 x 3 x 180	11
49	Tubulatură alimentare aer răcire	
48	Tubulatură alimentare aer ardere	13
47	Tubulatură evacuare gaze arse	
46	Șaibă conică M 36	15
45	Șurub imbus M 72 x 6 x 140	
44	Piuliță hex joasă M 30 x 2	17
43	Piuliță hex. M 30 x 2	
42	Șurub hex. M 30 x 2 x 155	19
41	Piuliță hex. joasă M 33 x 2	
40	Piuliță hex. M 33 x 2	21
39	Șaibă conică M 33	
38	Șurub cu cap pătrat M33 x 2 x 110	23
37	Șurub M 30 x 2 x 80	
36	Șurub M 30 x 2 x 55	25
35	Ansamblu fixare rulmenți 2	
34	Ansamblu răcire carter superior	27
33	Ansamblu automatizat conducere motor	
32	Ansamblu electric distribuție	29
31	Grup rotire in timpul reparațiilor	
30	Reductor cu 1 treaptă, 4 tur.	31
29	Generator electric	
28	Ans. răcire carter inferior	33
27	Ans. lubrifiere	
26	Ventilator axial	35
25	Difuzor aspirație gaze arse	
24	Flanșă 1 și 2	37
23	Șurub imbus M 24 x 90	
22	Grup pompă injecție	39
21	Casetă distribuție kerosen	
20	Casetă distribuție circuite automatizare	41
19	Racord rotativ aer ardere	
18	Racord rotativ aer răcire	43
17	Roată dințată balador	
16	Grup compresoare	45
15	Ansamblu fixare rulmenți 1	

RO 123404 B1

Tabel (continuare)

14	Roată dințată
13	Capac lagăr 1 si 2
12	Grup ventilatoare
11	Rulment 239/1180 CAF / W33 - SKF
10	Roată dințată dublă
9	Carter superior
8	Carter inferior
7	Rulment 239/1060 CAF/ W33 - SKF
6	Bucșă butuc
5	Butuc brațe
4	Arbore asamblat
3	Volant
2	Braț
1	Reactor
Poz	Denumire reper

Fig. 1, 2 și 3 - desen - 01.01. planșele I, II, III.

Prezentarea detaliată a obiectului invenției

Acest capitol va descrie modul de calcul al motorului MTRTC de 76 MW cu patru reactoare, o traiectorie de rotație, alimentare pe ambele părți, care are reactorul 1 echivalent cu motorul turbofan IAE. V 2500 - A5 ce echiipează avioanele AIRBUS A 321.

Metodă de echivalare a reactorului MTRTC, din motorul turbofan IAE. V 2500 - A5 al avionului AIRBUS A 321.

Datele inițiale ale avionului AIRBUS A 321:

turbofan: IAE. V 2500 - A5; $F_{pt_d} = 147 \text{ kN}$; F_{pt_d} - forță propulsie la decolare (maximă),
ascensiune a turbofanului; $n_m = 2$, număr motoare; $\varphi_v = 1,61 \text{ m}$, diametrul ventilator turbofan;
 $r_b = 4,5$ raport bypass; r_b - raportul dintre debitul de aer ce trece prin exteriorul carcasei
turbofanului și debitul de aer de ardere ce trece prin interiorul turbofanului; $m_{at} = 99644,36$
kg/h, masă aer ardere motor; densitate aer la 12.000 m altitudine $\rho_a = 0,3111513958 \text{ kg/mc}$;
combustor inelar cu 20 injectoare; $l_t = 3200 \text{ mm}$;

$V_a = 875 \text{ km/h} = 243,05 \text{ m/s}$, viteză croazieră avion;

$V_{aa} = 630 \text{ km/h} = 175 \text{ m/s}$, viteză avion în ascensiune;

$M_D = 93500 \text{ kg}$, masă totală avion la decolare;

$M_{A1} = 92126 \text{ kg}$, masă avion la începutul zborului la 11887 m altitudine;

$M_{A2} = 80348 \text{ kg}$, masă avion la jumătatea zborului;

$M_{A3} = 68600 \text{ kg}$, masă avion la sfârșitul zborului la 11887 m altitudine;

Masă totală combustibil la decolare $m_{cd} = 24931 \text{ kg}$;

Altitudinea de zbor $H = 11887 \text{ m}$; număr pasageri $n_p = 185$;

Lungime totală cursă $L = 5600 \text{ km}$;

Lungime cursă la altitudine $L_a = 5411 \text{ km}$; timp zbor alt. $t_a = 6,184 \text{ h}$;

Lungime cursă ascensiune $L_u = 189 \text{ km}$; timp ascensiune $t_u = 0,3 \text{ h}$;

Combustibil consumat în ascensiune de turbofan $mc_{tu} = 687 \text{ kg}$;

$mct_{a2} = (m_{cd} - 2mc_{tu})/2t_a$

$mct_{a2} = 1905 \text{ kg}$ - consum orar mediu kerosen, la jumătatea cursei;

$mct_{a1} = (M_{A1} \times mct_{a2})/M_{A2}$

$mct_{a1} = 2184 \text{ kg}$ - consum orar kerosen turbofan, la începutul zborului la altitudine (11887 m);

$mct_{a3} = (M_{A3} \times mct_{a2}) / M_{A2}$

RO 123404 B1

- $m_{ct_{A3}} = 1626 \text{ kg}$ - consum orar kerosen turbofan, la sfârșitul zborului la altitudine. 1
- Fpt - reprezintă forța de propulsie a turbofanului în zbor; 2
- Fpb - reprezintă forța de propulsie a turbofanului pe standul de probe, cu randament 3
- de 80%, având același consum de combustibil și aer ardere ca și când ar fi în zbor; 4
- $F_{pb} = \eta \times e_c \times m_{ct} / V_a$ 5
- η - randament turbofan, $\eta = 0,8$; 6
- e_c - energia calorică 1 kg kerosen, $e_c = 11888 \text{ W}$; V_a - viteză avion, $V_a = 243,05 \text{ m/s}$; 7
- $F_{pt} = m'_{gt} \times W_{At} - m'_{at} \times V_a + r_b \times m'_{at} (V_v - V_a)$; 8
- m'_{gt} -debitul masic de gaze arse la ieșirea din ajutorul turbofanului, în kg/s; 9
- W_{At} - viteza jetului de gaze arse la ieșirea din ajutorul turbofan, în m/s; 10
- m'_{at} - debitul masic de aer ardere la intrarea în combustorul turbofanului, în kg/s; 11
- r_b - raport bypass, $r_b = 4,5$; 12
- V_v - viteza absolută a aerului ventilat de ventilatorul turbofan, în m/s; 13
- $V_v - V_a = 80 \text{ m/s}$ - valoare recomandată pentru calcule; 14
- $m'_{gt} = (m_{at} + m_{ct}) / 3600$ 15
- m_{at} - masă aer arsă într-o oră de turbofan, în kg; 16
- $W_{At} = (F_{pb} + m'_{at} \times V_a) / m'_{gt}$ 17
- Valorile forțelor de propulsie Fpt, Fpb de-a lungul zborului sunt: 18
- $F_{pb_1} = 96140,9 \text{ N}$; $F_{pt_1} = 106105,1 \text{ N}$; început zbor altit. 11887 m; $F_{pb_2} = 83844,6 \text{ N}$; 19
- $F_{pb_3} = 93808,9 \text{ N}$; jumătate cursă; $F_{pb_3} = 71577,4 \text{ N}$; $F_{pt_3} = 81541,8 \text{ N}$; existând posibilitatea 20
- reprezentării variației grafice Fpt, Fpb de-a lungul zborului, în funcție de timp. 21

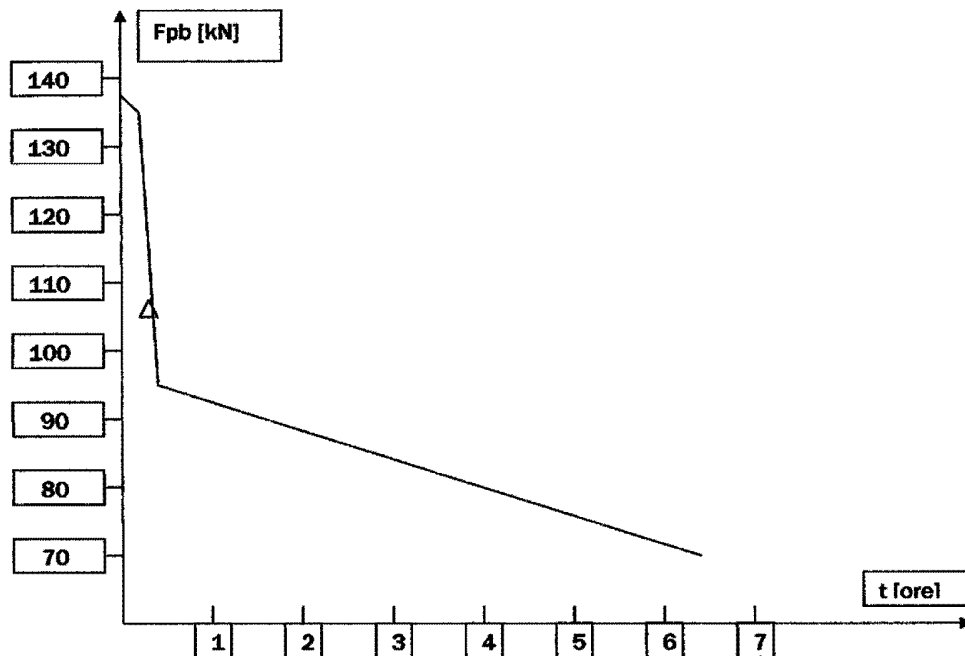


Diagrama 1

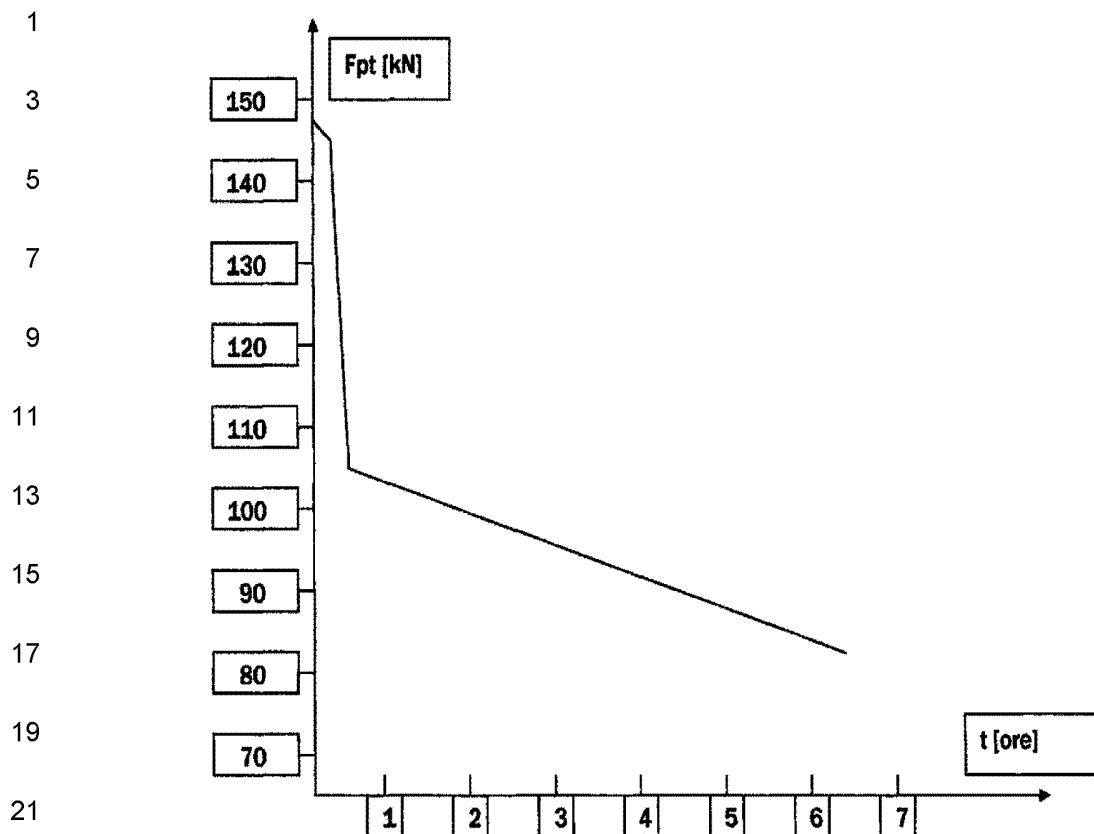


Diagrama 2

Diagramele $F_{pt}-t$, $F_{pb}-t$, de funcționare ale motorului turbofan V 2500, pentru un zbor de 5600 km, al aeronavei Airbus A 321.

Pe intervalul orar $0 \dots 0,3$ h, avionul se află în ascensiune, motorul turbofan V 2500 având forța de propulsie $F_{pt_d} = 147$ kN, respectiv $F_{pb_d} = 137$ kN, apoi avionul ajunge la altitudinea de 11887 m și începe zborul de croazieră, motorul având F_{pt_1} , respectiv F_{pb_1} . Pe măsură ce motoarele consumă kerosen, avionul își reduce din greutate, iar forța de propulsie F_{pt} se micșorează proporțional, aeronava menținând viteza $V_a = 875$ km/h constantă, astfel că la jumătatea cursei, avem F_{pb_2} , F_{pb_2} , iar la sfârșitul croazierei, avem F_{pt_3} , F_{pb_3} . Metoda de echivalare a reactorului MTRTC constă din:

- de pe diagrama $F_{pb}-t$ se alege valoarea forței de propulsie maxime pentru reactorul 1, $F_{pr_M} = 0,735 F_{pt_d} = 108,045$ kN, adică $F_{pr_M} = 108$ kN. Practic pentru reactorul 1, s-a ales un regim de funcționare maxim de 73,5% din regimul maxim de funcționare al motorului turbofan;

- pentru ca reactorul 1 să fie echivalent cu motorul turbofan, trebuie să aibă aceeași forță de propulsie, $F_{pr_M} = F_{pb} = 108$ kN, același debit masic de gaze arse ($m'_{gr} = m'_{gt}$), respectiv viteza de ejectare a gazelor arse va avea valoarea $W_{Ar} = W_{Atb}$. Motorul turbofan V 2500, pentru forța de propulsie $F_{pb} = 108$ kN, are un consum de kerosen echivalent $mc_{te} = 2453,4$ kg;

- se stabilesc parametrii de funcționare ai motorului turbofan V 2500 când $F_{pb} = 108$ kN și $mc_{te} = 2453,4$ kg pe oră;

$$m_{at} = 99644,36 \text{ kg aer ardere pe oră; } m'_{at} = m_{at}/3600 = 27,67898 \text{ kg/s;}$$

$$m_{gt} = m_{at} + mc_{te} = 102097,76 \text{ kg gaze arse pe oră;}$$

$$m'_{gt} = m_{gt}/3600 = 28,360488 \text{ kg/s; } W_{Atb} = 3808,11 \text{ m/s;}$$

W_{Atb} - viteza jetului de gaze la ieșirea din ajutorul motorului turbofan pe standul de probe, când are $F_{pb} = 108$ kN, $mc_{te} = 2453,4$ kg;

RO 123404 B1

- pentru reactorul 1, echivalent cu turbofanul V 2500, se calculează parametrii de funcționare echivalenți:	1
$mc_{rM} = (0,9 \times mc_{te})/0,97 = 2276,35 \text{ kg}$, alegem $mc_{rM} = 2279 \text{ kg}$ pe oră; $m_{ar} = m_{gt} - mc_{rM} = 99818,76 \text{ kg}$ aer ardere pe oră; avem debitul de aer ardere $Q_{aar} = m_{ar}/\rho_{aer} = 99818,76/1,29 = 77379 \text{ Nmc/oră}$; $m'_{gr} = m'_{gt} = 28,360488 \text{ kg/s}$; $w_{Ar} = Fpr/m'_{gr} = 3808,11 \text{ m/s}$; $w_{Ar} < 4800 \text{ m/s}$ - viteza maximă admisibilă pentru jetul de gaze din ajutoraj, impusă de condițiile de material.	3
Parametrii de funcționare echivalenți, în regim maxim, pentru reactorul 1, sunt: $Fpr = 108 \text{ kN}$, forța propulsie reactor; $mc_{rM} = 2279 \text{ kg}$, debit orar kerosen reactor; $Q_{aar} = 77379 \text{ Nmc/oră}$, debit orar aer de ardere reactor; $Q_{arr} = 0,56 \times Q_{aar} = 43332 \text{ Nmc/oră}$, debit orar aer de răcire reactor. Se calculează consumul specific de aer ardere pentru un kilogram de kerosen, pentru regimul maxim de lucru al reactorului: $q_M = Q_{aar} / mc_{rM} = 33,953 \text{ Nmc/kg}$.	5
Din faptul că reactorul 1 consumă orar 2279 kg kerosen și dezvoltă o forță de propulsie de 108 kN, se deduce formula de echivalență $mc_{r100kN} = 2110 \text{ kg}$, adică pentru a dezvolta o forță de propulsie $Fpr = 100 \text{ kN}$, avem nevoie de un consum orar de combustibil $mc_{r100kN} = 2110 \text{ kg}$. Această formulă de echivalență va fi determinată cu precizie la testarea reactorului pe standul de probe.	7
O altă metodă de calcul pentru w_{Ar} este ținând cont de faptul că avionul în zbor are viteza $Va = 243,05 \text{ m/s}$, iar viteza de ieșire a gazelor după ce au părăsit ajutorajul motorului de avion trebuie să fie mai mare decât Va , pentru MTRTC se va face o micșorare a debitului de combustibil, astfel încât să avem viteza gazelor după ieșirea din ajutorajul reactorului 1, calculată astfel: $w_{Ar} = w_{at} - Va + 10$. Reglarea vitezei w_{Ar} este necesară pentru a ajusta lungimea jetului incandescent la ieșirea din reactorul 1. Aceste calcule se pot face cu precizie numai în funcție de diagramele respectiv nomogramele de funcționare, aflate în baza de date a producătorului motorului turbofan.	9
Dimensionarea reactorului 1. (fig. 4, 5 și 6 - desen - 01.01. planșele I, II, III).	11
Reactorul 1 păstrează de la turbofanul V 2500 -A5 următoarele repere: camera combustie 63, combustor inelar 66, sbs. injecție combustibil 67, injectoare 70, efuzor exterior 65, ajutoraj coinelar 60. Reactorul 1 nu păstrează: ventilator, compresor LP joasă presiune, compresor HP înaltă presiune, turbina LP și turbina HP. Pe baza dimensiunilor unui turbofan V 2500 - A5, secțiune longitudinală, cunoscând diametrul ventilator $\varnothing_v = 1,61 \text{ m}$, lungime turbofan $l_t = 3,2 \text{ m}$, masa turbofanului $m_t = 3400 \text{ kg}$, respectând proporțiile, am dimensionat reactorul 1, respectiv: camera de combustie 63, combustorul inelar 66, efuzorul exterior 65, ajutoraj coinelar 60 .	13
Cunoscând debitul aerului de ardere Q_{aar} și presiunea acestuia $p = 7,5 \text{ at}$ de intrare în camera de combustie 63, s-a dimensionat difuzorul 103, carcasa difuzor 96, statorul difuzor 84, susținute prin suporturile inferioare 81 și suporturile superioare 83 de carcasa exterioară 64.	15
Reactorul 1 a fost prevăzut cu carcasa exterioară 64 cu rol de suport reactor, și tubulatură de răcire reactor. În funcție de dimensiunile apreciate ale arborelui turbinei turbofanului, s-a dimensionat efuzorul central 71. Materialele folosite pentru fabricarea reperelor reactorului 1 vor fi identice cu cele utilizate la motorul turbofan. Temperatura maximă a jetului de gaze în efuzor este de 1400° K , identică motorului turbofan.	17
Lungimea reactorului 1 este de $l_r = 2,5 \text{ m}$, masa acestuia este apreciată la $m_r = 2900 \text{ kg}$, forța de propulsie maximă $Fpr_M = 108 \text{ kN}$.	19
Pentru reactorul 1 aflat în rotație cu viteza $w = 5,8 \text{ rad/s}$ pe $Drt = 16 \text{ m}$, avem moment mecanic de inerție $Jr = 185962,5 \text{ kg m}^2$.	21
Determinarea debitelor de combustibil, aer ardere, aer răcire, în braț și arbore, respectiv evacuare gaze arse din carter, și a secțiunilor de transport ale acestora.	23

RO 123404 B1

- 1 - debit combustibil alimentare reactor:
 $q_{cr} = mc_{rM} / (d_c \times 3600) = 0,7913 \text{ l/s}; d_c = 0,8 \text{ kg/l}$
- 3 - debit total combustibil:
 $q_{c4} = 3,1652 \text{ l/s}$, MTRTC lucrează cu 4 reactoare;
 $q_{c2} = 1,5826 \text{ l/s}$, MTRTC lucrează cu 2 reactoare;
- 5 - viteza combustibilului în conductă braț:
 $v_c = (2xgxh)^{1/2} = 221,47 \text{ m/s}$, $h = 2500 \text{ m}$; $g = 9,81 \text{ m/s}^2$;
- 7 - secțiune minimă conductă combustibil pentru un reactor:
 $A_{cmin} = q_{cr} / V_c = 3,5729 \text{ mm}^2$; $d_{cmin} = 2,132 \text{ mm}$;
- 9 - se alege constructiv: $d_{ic} = 15 \text{ mm}$; $d_{ec} = 30 \text{ mm}$;
- 11 (viteza combustibilului ajunge $v_c = 44,77 \text{ m/s}$)
- în arbore secțiunea conductei este de: $d_{ica} = 21 \text{ mm}$; $d_{eca} = 80 \text{ mm}$ fiind dimensionată
- 13 pentru alimentarea a două reactoare, concomitent;
- se dimensionează tubul central al arborelui:
- 15 tub cablaj automatizare: $d_i = 80 \text{ mm}$; $d_e = 125 \text{ mm}$;
- 17 tub central: $d_i = 125 \text{ mm}$; $d_e = 150 \text{ mm}$;
- 19 - dimensionare secțiuni aer ardere, răcire în arbore:
 $A_{al} = 0,38 q_{aa} / p_a^{1/2} = 0,38 \times 42,988 / 83000^{1/2} = 0,0567 \text{ m}^2$ $q_{aa} [\text{Nmc/s}]; p_a [\text{mm col. H}_2\text{O}]$
- 21 $D_{ita} = [4/\pi(A_{al} + \pi d_e^2/4)]^{1/2} = 0,307 \text{ m}$, aproximativ constructiv:
 $D_{ita} = 312 \text{ mm}$; $D_{eta} = 356 \text{ mm}$;
- 23 presiune aer răcire în arbore $P_{ra} = 2300 \text{ mm H}_2\text{O}$
 $A_{rac} = 0,38 q_{ar} / p_{ra}^{1/2} = 0,38 \times 24,2 / 2300^{1/2} = 0,1917 \text{ m}^2$
- 25 $D_{inta} = [4/\pi(A_{rac} + \pi D_{eta}^2/4)]^{1/2} = 0,610 \text{ m}$; $D_{inta} = 610 \text{ mm}$;
- 27 - dimensionare secțiuni aer alimentare, răcire în braț reactor:
 $A_{alb} = 0,38 q_{aar} / p_{ab}^{1/2} = 0,38 \times 21,494 / 80000^{1/2} = 0,02887 \text{ m}^2$;
- 29 se aleg diametrele tub alimentare braț: $d_{int} = 195 \text{ mm}$; $d_{ext} = 219 \text{ mm}$;
- 31 - calculul secțiunii de transport aer răcire în braț reactor:
 $A_{rac} = 0,38 q_{rb} / p_{rb}^{1/2} = 0,38 \times 12,1 / 1750^{1/2} = 0,1099 \text{ m}^2$
- 33 $D_{intb} = [4/\pi(A_{rac} + \pi d_{ext}^2/4)]^{1/2} = 0,4339 \text{ m}$, alegem constructiv:
 $D_{intb} = 436 \text{ mm}$; alegem constructiv: $D_{extb} = 508 \text{ mm}$;
- 35 - calculul debitului de gaze arse ventilate:
 $Q_{ga4} = (4 \times mc_{rM} \times q) / 3600 + 4 \times q_{arr}$
- 37 $Q_{ga4} = [9116 \times (22,453 + 12,3)] / 3600 + 48,4$
- 39 $Q_{ga4} = 136,402 \text{ Nmc/s}$; $Q'_{ga4} = Q_{ga4} / P = 124,0021 \text{ mc/s}$.
- 41 - secțiune ventilare gaze arse:
 $A_{ga} = 0,38 \times Q'_{ga4} / p_{ga}^{1/2} = 1,49 \text{ m}^2$ echivalent cu:
- 43 34 tuburi cu $d_{int} = 235 \text{ mm}$, pentru evacuare gaze din carter, montate pe evacuarea din ventilatoare, iar admisia ventilatorului este cu $D_{int} = 255 \text{ mm}$.
- 45 Dimensionarea brațului 2 (fig.7, desen 01.02.- I.).
- 47 Brațul 2 are rolul de a susține reactorul 1 pe traiectoria de rotație. Brațul are două
- 49 repere de bază: montantul 111 cu tubul braț 110 care constituie structura de rezistență a brațului. Brațul are la partea superioară flanșa 115 pe care se fixează reactorul 1 cu treizeci și două șuruburi M 33, 38, piulițe 40, 41 și șaipe 39.
- 51 Rigidizarea flanșei 115 pe montantul 111 și tubul braț 110 se realizează prin guseele
- 53 114, respectiv guseele 116. În zona flanșei 115, temperatura ajunge la maximum 400°C,
- 55 impunând utilizarea unui oțel refractar, cum ar fi 10 Ti Al Cr Ni 320, care are temperatura
- 57 limită fluaj convențională de 600°C, pentru fabricarea brațului 2. La partea inferioară a
- 59 brațului 2, avem montajul prin sudură al tubului braț 110, și montantului 111 de butucul 5
- 61 compus din: ranforsare I, 109 , ranforsări II, 112 și placă spate 113.

RO 123404 B1

Brațul 2 permite trecerea debitelor de kerosen, aer ardere, aer răcire prin: conductă kerosen 118, tub aer comprimat 119, tub braț 110 de la arborele asamblat 4 spre reactorul 1. Brațul 2 împreună cu elementele componente au fost dimensionate și verificate conform calculelor de proiectare din mecanică, rezistența materialelor și organe de mașini, folosite în construcția de mașini. Pentru brațul 2 aflat în mișcare de rotație pe diametrul $D_{rb} = 8$ m cu viteza $w = 5,8$ rad/s, avem: lungime braț $l_b = 6,7$ m, masa calculată braț $m_b = 4779$ kg, moment mecanic de inerție $J_b = 88397$ kgm².

Dimensionarea arborelui asamblat 4. (- fig. 8, desen - 01.04.-I; - fig. 1, desen - 01.00.-I și - fig. 3, desen - 01.00. -III.).

Arborele asamblat 4 este astfel conceput încât să permită trecerea prin interiorul său a debitelor de kerosen, aer ardere, aer răcire de la: casete distribuție kerosen 21, racorduri rotative aer ardere 19, racorduri rotative aer răcire 18; prin: tub kerosen 121, tub aer comprimat 124, clopot I, 125, arbore motor 120, clopot II, 126; spre brațele reactoare 2. Pentru aceasta, arborele motor 120 are practică o gaură axială longitudinală $\varnothing 610$ mm pe toată lungimea sa, și patru găuri radiale echidistante $\varnothing 436$, în secțiunea centrală a sa. Casetă distribuție kerosen 21 este astfel proiectată, încât permite admisia, sub presiunea debitată de pompa de injecție 22, combustibilului în tubul 121.

De asemenea, racordul rotativ aer ardere 19 este proiectat să permită admisia, sub presiunea debitată de compresorul 16, debitului de aer în tubul 124. Asemenea avem cu racordul aer răcire 18 și presiunea debitată de ventilatorul 12. Arborele motor 120 este un arbore tubular, în trepte, găurit radial. Arborele motor 120, tubul kerosen 121, tuburile protecție 122, tubul aer comprimat 124, clopotul I 125, și clopotul II 126 formează un ansamblu îmbinat prin sudură. Tubul kerosen 121 și cablajul automatizare 123 sunt rigidizate cu rășini sintetice în tuburile protecție 122.

Arborele asamblat 4 cu elementele componente au fost dimensionate și verificate conform calculelor de proiectare din mecanică, rezistența materialelor și organe de mașini, utilizate în construcțiile de mașini.

Arborele motor 120 este solicitat în principal la torsiune, trebuind să transmită la roata dințată 14 o putere $E_u = 76,721$ MW și un cuplu motor $M_t = 13.264.350$ Nm.

Caracteristicile rulmenților sunt:

	lagăr 1	lagăr 2	
- rulment SKF seria:	239/1060 CAF/W 33;	239/1180 CAF/W33;	31
- diametru interior:	$d_{ir1} = 1.060$ mm;	$d_{ir2} = 1.180$ mm;	33
- diametru exterior:	$d_{er1} = 1.400$ mm;	$d_{er2} = 1540$ mm;	
- lățime rulment:	$l_{r1} = 250$ mm;	$l_{r2} = 272$ mm	35
- capac. radială din:	$C_{rd1} = 9.550$ kN;	$C_{rd2} = 11.100$ kN	
- capac. statică rul:	$C_{s1} = 26.000$ kN;	$C_{s2} = 31.000$ kN;	37

În porțiunea de cuplaj a butucului 5 pe arborele motor 120 avem canelura evolventică de modul $m = 4,5$ cu $z = 414$ dinți, pe lățime de 1060 mm.

Roata dințată 14 este montată pe capătul drept al arborelui motor 120 prin canelură evolventică de modul $m = 3$ cu $z = 373$ dinți, pe lățime de 403 mm. Roata dințată dublă 10 este montată pe capătul stâng al arborelui motor 120 prin canelura evolventică de modul $m = 3$ cu $z = 338$ dinți, pe lățime de 83 mm.

Marca de oțel pentru confecționarea arborelui motor 120 este 35 CN 25, iar masa sa $m_{am} = 33699$ kg, respectiv masa arborelui asamblat 4 $m_{as} = 35414$ kg. Pentru arborele motor 120, se recomandă un tratament termic de îmbunătățire la duritatea de 38...40 HRC. Momentul de inerție mecanic arbore asamblat 4 este $J_a = 11796,2$ kgm² (exclusiv bușele butuc 6).

RO 123404 B1

Dimensionare butuc brațe **5**, volanți **3** (fig. 1, desen: - 01.00.- I și fig. 8, desen - 01.04.-I.)
Butuc brațe **5**.

Cele patru brațe **2** se află încastrate în butucul **5**, pe care îl antrenează în mișcare de rotație cu viteza $w = 5,8 \text{ rad/s}$, iar acesta, la rândul său, prin intermediul canelurilor evolventice $m = 4,5$; $z = 414$, rotește arborele asamblat **4**. Butucul **5** este un butuc cu umăr, având: diametrul exterior $\varnothing_{ebu} = 2500 \text{ mm}$, diametrul umăr $\varnothing_{ubu} = 2300 \text{ mm}$, diametrul divizare interior $\varnothing_{dibu} = 1863 \text{ mm}$, lățime $l_{bu} = 1060 \text{ mm}$, lățime umăr $l_{ubu} = 539 \text{ mm}$, masă butuc $m_{bu} = 13068 \text{ kg}$, moment inerție mecanic $J_{bu} = 15199 \text{ kgm}^2$.

Volanți **3**.

Pe butucul **5** sunt montați volanții **3** cu ajutorul șuruburilor imbus **45** și al șaibelor grower **54**, realizând un ansamblu robust. Volanții **3** au rolul de a crește momentul de inerție mecanic al rotorului MTRTC, astfel obținând reducerea turației arborelui asamblat **4** la valoarea optimă. Volantul este compus din: coroană, obadă și butuc. Volantul are următoarele caracteristici: diametrul exterior $\varnothing_{ev} = 14 \text{ m}$, diametrul interior $\varnothing_{ev} = 2,3 \text{ m}$, diametrul interior coroană $\varnothing_{icv} = 10 \text{ m}$, diametrul exterior butuc $\varnothing_{ebv} = 3,2 \text{ m}$, lățime coroană $l_{cv} = 45 \text{ mm}$, lățime obadă $l_{ov} = 16 \text{ mm}$, lățime superioară butuc $l_{sbv} = 45,5 \text{ mm}$, lățime inferioară butuc $l_{ibv} = 30 \text{ mm}$, masă volant $m_v = 36784 \text{ kg}$, moment inerție mecanic $J_v = 1.110.055 \text{ kgm}^2$.

În proiectul de execuție, datorită dimensiunilor agabaritice, volanții **3** vor fi prevăzuți și confecționați din mai multe subansambluri demontabile, care să se solidarizeze eficient de butucul **5** și de brațele **2**.

Ansamblul rotor.

Ansamblul rotor este format din: arbore asamblat **4**, butuc brațe **5**, bucșe **6**, brațe **2**, volanți **3**, reactoare **1**, roată dințată dublă **10**, roată dințată **14**. Ansamblul rotor are următoarele caracteristici: masă $m_{arm} = 169.724 \text{ kg}$, forță greutate $F_{g_{arm}} = 1.664.992 \text{ N}$, moment inerție mec. $J_{arm} = 3.391.374,6 \text{ kgm}^2$. Echilibrarea dinamică a rotorului MTRTC se realizează cu ajutorul vibrometrului prin greutatea de echilibrare **97**.

Influența accelerației centrifuge și accelerației coriolis asupra debitelor de aer și a jetului de gaze arse din reactorul **1**, respectiv a debitelor de aer din braț **2**, și calculul pierderilor energetice cauzate de aceste accelerații.

Studiul accelerațiilor centrifugă și coriolis asupra debitelor de aer și a jetului de gaze arse din reactorul **1**.

Vom determina vectorii și mărimea accelerațiilor centrifugă, respectiv coriolis.

$\vec{V}_1$ - vector viteză jet în reactor (aer sau gaze arse); $\vec{V}$ - vector viteză momentană a reactorului; $\vec{w}$ - vector viteză de rotație; $\vec{a}_c$ - vector accelerație centrifugă; $\vec{a}_{co}$ - vector accelerație coriolis, R - raza de rotație.

Influența accelerației centrifuge și accelerației coriolis asupra debitului de aer ardere din incinta difuzorului. (fig. 4 - desen - 01.01. -I/A, incinta I - ansamblul difuzor).

Debitul de aer de ardere, având masa mar = 99818,76 kg/oră, ajunge în incinta difuzorului de admisie a reactorului **1** cu presiunea $p_{ar} = 7,6 \text{ at}$ și viteza $V_1 = 108 \text{ m/s}$. Asupra masei de aer aflată în incintă acționează accelerația centrifugă și accelerația coriolis în direcție radială, conform fig. 9. Avem următoarele date inițiale:

$w = 5,9 \text{ rad/s}$ (valoare acoperitoare pentru $w = 5,784 \text{ rad/s}$); $R = 8 \text{ m}$; $m_{ar} = 99818,76 \text{ kg}$; $V_1 = 108 \text{ m/s}$; lungimea incintei, $l_1 = 350 \text{ mm}$; aria de acțiune a accelerației centrifuge și accelerației coriolis în incintă $A_1 = 0,11 \text{ m}^2$.

RO 123404 B1

Memoriu de calcul:	1
$ac_1 = R \cdot \omega^2 = 278,48 \text{ m/s}^2$; $aco_1 = 2\omega \cdot V_1 = 1274,4 \text{ m/s}^2$; $a_{t1} = ac_1 + aco_1$ $a_{t1} = 1552,88 \text{ m/s}^2$ - accelerația totală; $t_1 = l_1 / V_1 = 0,00324 \text{ s}$ - timpul de trecere al jetului prin incintă;	3
$d_1 = (a_{t1} \times t_1^2) / 2 = 8,15 \text{ mm}$ - deviația jetului de aer față de axa reactorului la ieșirea din incintă;	5
$m_{ar1} = (m_{ar} \times l_1) / (3600 \times V_1^2) = 0,0898575 \text{ kg}$ - masa instantanee de aer aflată în incinta difuzorului; $V_{t1} = a_{t1} \times t_1 = 5,031 \text{ m/s}$ viteză transversală jet aer la ieșirea din incintă; $E_{c1} = (m_{ar} \times V_{t1}^2) / 2 = 1.263.420 \text{ J}$ $E_{ct} = 0,35 \text{ kW}$ - pierdere energetică orară în incinta I; $F_{t1} = m_{ar1} \times a_{t1}$	7
$= 140 \text{ N}$, forța exercitată de ac. centrifugă și ac. coriolis; $\Delta p_1 = F_{t1} / A_1 = 1268 \text{ Pa} = 128 \text{ mm}$ col. apă - creșterea de presiune pe suprafața A_1 datorită accelerației centrifuge și accelerației coriolis.	9
Datorită accelerațiilor coriolis și centrifugă ce acționează asupra debitului de aer ce trece prin difuzor, apare deviația $d_1 = 8,15 \text{ mm}$, se consumă o energie suplimentară $E_{c1} = 0,35 \text{ kW}$, iar presiunea aerului crește cu $\Delta p_1 = 128 \text{ mm H}_2\text{O}$ pe suprafața A_1 . Admitem teoretic că deviația $d_1 = 8,15 \text{ mm}$ nu afectează buna funcționare a reactorului.	11
Influența accelerației centrifuge și accelerației coriolis asupra jetului de gaze arse în incinta efuzorului. (fig. 4 - desen - 01.01. -I/A, incinta III - ansamblul efuzor).	13
În efuzor viteza jetului de gaze arse crește ajungând la ieșire la 1400 m/s . Considerăm în calcule viteza medie, adică $V_2 = 700 \text{ m/s}$.	15
Date inițiale: $\omega = 5,9 \text{ rad/s}$; $R = 8 \text{ m}$; $m_{gr} = 102097,76 \text{ kg/oră}$ - debit orar gaze arse; $V_2 = 700 \text{ m/s}$; $l_2 = 1430 \text{ mm}$; $A_2 = 0,5148 \text{ m}^2$.	17
Memoriu de calcul:	19
$ac_2 = R \times \omega^2 = 278,48 \text{ m/s}^2$; $a_{co2} = 2\omega \times V_2 = 8260 \text{ m/s}^2$;	21
$at_2 = 8538,5 \text{ m/s}^2$; $t_2 = l_2 / V_2 = 0,00204285 \text{ s}$; $d_2 = (at_2 \times t_2^2) / 2$	23
$d_2 = 17,81 \text{ mm}$; $\lambda_2 = \arctg (d_2 / l_2) = 0,713^\circ$ - unghiul de deviație a jetului față de axa reactorului;	25
$m_{g2} = (m_{gr} \times l_2) / (3600 \times V_2) = 0,057936 \text{ kg}$;	27
$V_{t2} = at_2 \times t_2 = 17,44 \text{ m/s}$; $E_{c2} = (m_{g2} \times V_{t2}^2) / 2 = 15531746,9 \text{ J}$	29
$E_{c2} = 4,31 \text{ kW}$; $F_{t2} = m_{g2} \times a_{t2} = 494,6 \text{ N}$; $\Delta p_2 = F_{t2} / A_2 = 960 \text{ Pa}$ $\Delta p_2 = 97 \text{ mm H}_2\text{O}$.	31
Datorită accelerațiilor centrifugă și coriolis ce acționează asupra jetului de gaze arse ce trece prin efuzor, se consumă o energie suplimentară $E_{c2} = 4,31 \text{ kW}$, presiunea jetului în această incintă crește cu $\Delta p_2 = 97 \text{ mm H}_2\text{O}$, iar jetul este deviat la ieșirea din efuzor cu deviația $d_2 = 17,81 \text{ mm}$, sub unghiul de deviație $\lambda_2 = 0,713^\circ$. Deviația d_2 de jet poate produce o uzură suplimentară la ieșirea din efuzor și intrarea în ajutoraj. Admitem teoretic că deviația $d_2 = 17,81 \text{ mm}$ nu afectează buna funcționare a reactorului.	33
Influența accelerațiilor centrifugă și coriolis asupra jetului de gaze în incinta ajutorajului. (fig. 4 - desen - 01.01. -I/A, incinta IV, ansamblul ajutoraj).	35
La trecerea jetului de gaze prin ajutoraj, datorită micșorării secțiunii acestuia de $2,8$ ori, viteza jetului crește de la 1400 m/s la intrarea în ajutoraj, la 3800 m/s la ieșirea din ajutoraj. Considerăm în calcule viteza medie în ajutoraj $V_3 = 2600 \text{ m/s}$. Date inițiale: $\omega = 5,9 \text{ rad/s}$; $R = 8 \text{ m}$; $l_3 = 225 \text{ mm}$; $A_3 = 0,045 \text{ m}^2$; $m_{gr} = 102097,76 \text{ kg/oră}$; $V_3 = 2600 \text{ m/s}$.	37
Memoriu de calcul:	39
$ac_3 = R \times \omega^2 = 278,48 \text{ m/s}^2$; $aco_3 = 2\omega \times V_3 = 30680 \text{ m/s}^2$;	41
$at_3 = 30958,48 \text{ m/s}^2$; $t_3 = l_3 / V_3 = 0,00008653 \text{ s}$; $d_3 = (at_3 \times t_3^2) / 2$ $d_3 = 0,0001158 \text{ m} = 0,1158 \text{ mm}$; $\lambda_3 = 0,029^\circ$; $V_{t3} = 2,678 \text{ m/s}$; $m_{g3} = 0,0024542 \text{ kg}$; $E_{c3} = (m_{g3} \times V_{t3}^2) / 2 = 366335 \text{ J}$ $= 0,102 \text{ kW}$; $F_{t3} = m_{g3} \times a_{t3} = 75,98 \text{ N}$; $\Delta p_3 = F_{t3} / A_3 = 1688 \text{ Pa} = 171 \text{ mm H}_2\text{O}$.	43
Datorită accelerațiilor centrifugă și coriolis ce acționează asupra jetului de gaze arse ce trece prin ajutoraj, se consumă o energie suplimentară $E_{c3} = 0,102 \text{ kW}$, jetul are la ieșire din ajutoraj deviația $d_3 = 0,1158 \text{ mm}$, sub unghiul $\lambda_3 = 0,029^\circ$, iar presiunea gazelor se mărește cu $\Delta p_3 = 171 \text{ mm H}_2\text{O}$.	45
	47
	49

RO 123404 B1

Admitem că deviația d_3 nu afectează buna funcționare a reactorului.

Influența accelerației centrifuge și accelerației coriolis asupra debitului de aer răcire ce trece prin incinta V. (- fig. 4 - desen - 01.01. - I/A, incinta V- ansamblul răcire).

La trecerea aerului de răcire prin incinta V, viteza debitului său este $V_4 = 40$ m/s. Date inițiale: $w = 5,9$ rad/s; $R = 8$ m; $m_{tr} = 56192,4$ kg; $V_4 = 40$ m/s; $l_4 = 2300$ mm; $A_4 = 0,517$ m². În urma calculelor avem următoarele valori:

$ac_4 = 278,48$ m/s²; $aco_4 = 472$ m/s²; $at_4 = 750,48$ m/s²; $t_4 = 0,0575$ s; $d_4 = 1,24$ m; $\lambda_4 = 28,33^\circ$; $m_{r4} = 0,89751$ kg; $V_{t4} = 43,15$ m/s; $E_{c4} = 14,53$ kW; $F_{t4} = 673,5$ N; $\Delta p_4 = 132$ mm H₂O.

Datorită accelerațiilor centrifugă și coriolis ce acționează asupra debitului de aer răcire ce trece prin incinta V, se consumă o energie suplimentară $E_{c4} = 14,53$ kW, debitul este deviat cu $d_4 = 1,24$ m sub unghiul $\lambda_4 = 28,33^\circ$, iar presiunea aerului crește cu $\Delta p_4 = 132$ mm H₂O.

Deviația debitului de aer d_4 fiind prea mare, conducând la răcirea inefficientă a carcasei reactorului, se va proceda la compartimentarea incintei de răcire în 8 sectoare.

Calculul pierderilor energetice în reactorul 1.

Pierderile energetice în reactor sunt: $E_c = E_{c1} + E_{c2} + E_{c3} + E_{c4}$, $E_c = 19,292$ kW, iar pentru toate cele 4 reactoare avem $E_{tr4} = 77,168$ kW. Pentru a avea pierderi energetice mici și deviații de jet cu valori minime, care să nu influențeze buna funcționare a reactorului este necesar a se calcula valoarea maximă a vitezei de rotație. În acest caz când avem raza de rotație $R = 8$ m și lungimea reactorului de 2,5 m, viteza maximă de rotație este $w_{max} = 6,5$ rad/s, iar deviația jetului de gaze efuzor este $d_2 = 17,81$ mm. Se acceptă teoretic deviația maximă în efuzor $d_{2max} = 20$ mm, conducând la $w_{max} = 6,5$ rad/s.

Studiul accelerațiilor centrifugă și coriolis asupra debitelor de aer ardere și aer răcire ce trec prin braț 2.

Vom determina vectorii și mărimea accelerațiilor centrifugă, respectiv coriolis.

$\vec{V}_2$ - vector viteza debit aer (ardere sau răcire) în braț; $\vec{V}_b$ - vector viteză momentană braț; $\vec{w}$ - vector viteză rotație; $\vec{a}_c$ - vector accelerație centrifugă; $\vec{a}_{co}$ - vector accelerație coriolis; R_b - rază rotație braț.

Influența accelerațiilor centrifugă și coriolis asupra debitului de aer de ardere ce trece prin braț 2.

Mai precis, debitul trece prin tubul de aer comprimat $\varnothing 195/\varnothing 219$, cu viteza $V_2 = 111,78$ m/s și presiunea $p = 8$ at, accelerațiile acționând conform fig. 10.

Date inițiale: $w = 5,9$ rad/s; $R_b = 4$ m, rază rotație braț; $m_{ar} = 99818,76$ kg, masă orară aer ardere ce trece prin braț; $V_2 = 111,78$ m/s, viteza debitului de aer ardere prin braț; $l_c = 6,8$ m, lungimea tubului de aer comprimat; $A_a = 0,55$ m², aria de acțiune a a_{co} în tubul de aer comprimat, $A_t = 0,0298$ m², aria transversală a tubului aer comprimat; $Q_a = 21,494$ Nmc/s, debit aer comprimat.

Memoriu de calcul: $a_{c1} = R_b \times w^2 = 139,24$ m/s²; $a_{co1} = 2w \times V_2$
 $a_{co1} = 1319$ m/s²; $t_1 = l_c/V_2 = 0,06085$ s, timpul de trecere a debitului de aer prin tub $\varnothing 195/\varnothing 219$; $V_{c1} = a_{c1} \times t_1 = 8,472$ m/s, viteza cauzată de accelerația centrifugă; $m_{a1} = (m_{ar} \times l_c) / (3600 \times V_2) = 1,687$ kg - masa instantanee de aer ardere aflată în tub;

$$E_{c1} = (m_{ar} \times V_{c1}^2)/2$$

$E_{c1} = 3582235$ J = 0,995 kW - pierdere energetică cauzată de accelerația centrifugă;

$F_{co1} = m_{a1} \times a_{co1} = 2225$ N - forța coriolis ce acționează pe peretele anterior al tubului, comprimând aerul din tub cu o presiune suplimentară $\Delta p_{1co} = F_{co1}/A_a = 4045$ Pa = 408,78 mm H₂O;

RO 123404 B1

$E_{co1} = (Q_a \times \Delta p_{1co}) / 102 = 86,13 \text{ kW}$ - pierdere energetică orară cauzată de accelerația coriolis; $E_{t1} = E_{c1} + E_{co1} = 87,125 \text{ kW}$ - pierdere energetică totală în tub aer comprimat ($\varnothing 195/\varnothing 219$).	1
Datorită accelerației centrifuge din tubul aer comprimat avem o pierdere energetică E_{c1} , și o creștere a vitezei debitului de ardere cu V_{c1} . Accelerația coriolis produce o pierdere energetică E_{co1} , și o presiune suplimentară a aerului de ardere în zona peretelui anterior Δp_{1co} .	3
Influența accelerațiilor centrifugă și coriolis asupra debitului de aer răcire ce trece prin tub braț 119. Accelerațiile centrifugă, respectiv coriolis acționează ca în fig. 10.	5
Date inițiale: $w = 5,9 \text{ rad/s}$; $R_b = 4 \text{ m}$; $m_{rr} = 56192,4 \text{ kg/oră}$; $V_2 = 93 \text{ m/s}$; $l_t = 6,8 \text{ m}$; $A_{a2} = 0,1099 \text{ m}^2$; $A_{t2} = 1,48 \text{ m}^2$; $p = 1750 \text{ mm H}_2\text{O}$; $Q_r = 12,1 \text{ Nm}^3/\text{s}$ - debit aer răcire în tub braț ($\varnothing 436$). Memoriu de calcul: $a_{c2} = R_b \times w^2 = 139,24 \text{ m/s}^2$; $a_{co2} = 2w \times V_2$ $a_{co2} = 1097,4 \text{ m/s}^2$; $t_2 = l_t / V_2 = 0,07257 \text{ s}$; $V_{c2} = a_{c2} \times t_2 = 10,1 \text{ m/s}$; $E_{c2} = (m_{rr} \times V_2^2) / 2 = 2868731 \text{ J} = 0,796 \text{ kW}$; $m_{a2} = (m_{rr} \times l_t) / (3600 \times V_2)$ $m_{a2} = 1,1413 \text{ kg}$; $F_{co2} = m_{a2} \times a_{co2} = 1252 \text{ N}$; $\Delta p_{2co} = F_{co2} / A_{t2} = 847 \text{ Pa}$ $\Delta p_{2co} = 85,6 \text{ mm H}_2\text{O}$; $E_{co2} = (Q_r \times \Delta p_{2co}) / 102 = 10,15 \text{ kW}$. $E_{t2} = E_{c2} + E_{co2} = 10,95 \text{ kW}$, pierdere energetică totală în tub braț ($\varnothing 436/\varnothing 508$), datorată accelerațiilor centrifugă și coriolis ce acționează asupra debitului de aer de răcire. În urma acțiunii accelerației centrifuge în tub braț, avem pierderea energetică E_{c1} , și creșterea de viteză cu V_{c1} a debitului de aer răcire. Accelerația coriolis produce o pierdere energetică E_{co2} , și o creștere de presiune cu Δp_{2co} a aerului de răcire.	9
Calculul pierderilor energetice totale în brațe 2.	11
$E_{tb} = E_{t1} + E_{t2} = 98 \text{ kW}$, pentru 4 brațe avem $E_{tb4} = 392 \text{ kW}$.	13
Determinarea temperaturii carcasei carterului MTRTC.	15
$T_{ma} = 28^\circ\text{C}$ - temperatura aerului din mediul ambiant; T_{aa} - temperatură aer ardere la ieșirea din compresor, respectiv intrarea în reactor; T_{ar} - temperatură aer răcire la ieșirea din ventilator, respectiv intrarea în reactor T_{gr} - temperatura gazelor la ieșirea din reactor; T_{gc} - temperatura gazelor la ieșirea din carter, $C_{ar} = 0,24 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$ - căldură specifică aer; $C_{ga} = 0,23 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$ - căldură specifică gaze arse; $m_{ar} = 99818,76 \text{ kg}$; $m_{rr} = 56192,4 \text{ kg}$; $m_{gr} = 102097,76 \text{ kg}$; $m_{a4} = 93293,1 \text{ kg}$ - cantit. apă vehiculată orar de instalația de răcire; $C_r = 699699 \text{ kcal}$, pierderile calorice din reactor. Pentru calculul T_{aa} considerăm că 75% din pierderile calorice din compresor sunt preluate de debitul de aer, iar restul de sistemul de răcire al compresorului. $E_{cc} = E_{ca4} - E_{ta4} = 1895 \text{ kW} = 1631443 \text{ kcal}$, pierderile calorice totale în compresoare. $\Delta T_a = 0,75 E_{cc} / (4 m_{ar} \times C_{ar})$, $\Delta T_a = 12,8^\circ\text{C}$, deci $T_{aa} = T_{ma} + \Delta T_a = 41^\circ\text{C}$.	17
Pentru calculul lui T_{ar} , considerăm că toată pierderea calorică din ventilatoare este preluată de aerul de răcire. $E_{cv} = E_{cr4} - E_{tr4} = 82 \text{ kW}$ $E_{cv} = 70595 \text{ kcal}$, pierderi calorice în ventilatoare. $\Delta T_r = E_{cv} / (4 m_{rr} \times C_{ar})$ $\Delta T_r = 1,31^\circ\text{C}$, deci $T_{ar} = T_{ma} + \Delta T_r = 30^\circ\text{C}$.	19
Debitele de aer ardere și aer răcire preiau pierderile calorice din reactor.	21
Cr. $Cr = \Delta T_A \times m_{gr} \times C_{ga} + \Delta T_R \times m_{ar} \times C_{ar}$; $\Delta T_R - \Delta T_A = 11^\circ\text{C}$; rezolvând sistemul anterior avem: $\Delta T_A = 15^\circ\text{C}$, $\Delta T_R = 26^\circ\text{C}$, $T_{gr} = T_{aa} + \Delta T_A = 56^\circ\text{C}$.	23
Apreciem că sistemul de răcire cu apă preia o diferență de temperatură $\Delta_t = 20^\circ\text{C}$ cu o cantitate de căldură $C_{a4} = 1865962 \text{ kcal}$. Temperatura pe care o pierde gazele la trecerea prin radiatoarele instalației de răcire cu apă este $\Delta T_g = C_{a4} / ((4(m_{gr} + m_{ar}) \times c_{ga})) = 13^\circ\text{C}$. Prin urmare temperatura gazelor la ieșirea din carterul motor este $T_{gc} = T_{gr} - \Delta T_g = 43^\circ\text{C}$. Temperatura carcasei carterului MTRTC este $T_c = 43^\circ\text{C}$.	25
Determinarea consumurilor energetice, a energiei utile E_u , și a randamentului MTRTC.	27
Calculul consumurilor energetice, a energiei utile, și a randamentului MTRTC, când acesta funcționează la capacitate, cu cele 4 reactoare.	29
Consumul energetic pentru alimentarea cu aer de ardere, E_{ca4} .	31

RO 123404 B1

Considerăm cazul în care comprimarea aerului de ardere este realizată cu compresoare axiale performante, de tipul celor ale motoarelor turbofan, dar acționate de motoare electrice prin intermediul unui reductor.

Date inițiale: $Q_{aa4} = 5158,6 \text{ Nmc/min}$ - debitul total; $p_2 = 9,5 \text{ ata}$ presiunea aerului debitată de compresor; $p_1 = 1 \text{ ata}$; $r_c = 0,87$ - randament adiabatic compresor, $r_r = 0,9$ - randament reductor; $L_{ef} = 23030 \times p_1 \times I_g (p_2 / p_1) = 22516,97 \text{ [kgm/m}^3\text{]}$ - lucrul mecanic necesar pentru comprimarea unui metru cub de aer, la presiunea p_2 ;

$$E_{ta4} = (L_{ef} \times Q_{aa4}) / (60 \times 102) = 18980 \text{ kW} - \text{energia teoretică};$$

$E_{ca4} = E_{ta4} / r_c \times r_r = 24240 \text{ kW}$ - energia electrică consumată orar de grupurile compresoare **16**.

Consumul energetic pentru alimentarea cu aer de răcire, E_{cr4} . Date inițiale: $Q_{ar4} = 48,4 \text{ Nmc/s}$ - debitul total de aer răcire;

$h = 2500 \text{ mm H}_2\text{O}$ - presiunea debitată de ventilatoare; $p_v = 1,25 \text{ ata}$ - presiunea absolută; $r_v = 0,92$ - randament ventilator.

$$Q'_{ar4} = Q_{ar4} / p_v = 38,72 \text{ mc/s};$$

$$E_{tr4} = (Q'_{ar4} \times h) / 102 = 949,01 \text{ kW}; - \text{energia teoretică};$$

$E_{cr4} = E_{tr4} / r_v = 1031 \text{ kW}$ - energia electrică orară consumată de grupurile ventilatoare **12**.

Consum energetic pentru ventilarea gazelor arse din carter, E_{ga4} . Date inițiale: $Q_{ga4} = 136,402 \text{ Nmc/s}$ - debit total gaze arse; presiune ventilare $h_g = 300 \text{ mm H}_2\text{O}$; presiune absolută $p_g = 1,03 \text{ ata}$; $r_v = 0,92$. $Q'_{ga4} = Q_{ga4} / p_g = 132,43 \text{ mc/s}$;

$$E_{tg4} = (Q'_{ga4} \times h_g) / 102 = 389,49 \text{ kW}; - \text{energie teoretică};$$

$$E_{ga4} = E_{tg4} / r_v = 423 \text{ kW} - \text{energie electrică consumată orar de ventilatoarele axiale } \mathbf{26}.$$

Consumul energetic pentru alimentarea cu kerosen, E_{cc4} .

Date inițiale: $q_{c4} = 3,1652 \text{ l/s}$ - debit total kerosen; $p_c = 40 \text{ at}$ - presiunea kerosenului debitată de pompa de injecție;

$h_c = 500 \text{ m col. kerosen}$ - presiunea statică echivalentă cu p_c ; r_t - randamentul total al circuitului de kerosen, $r_t = 0,036$, $dc = 0,8 \text{ kg/l}$ - densitate combustibil.

$$E_{tc4} = (dc \times q_{c4} \times h_c) / 102 = 12,4 \text{ kW} - \text{energia teoretică};$$

$$E_{cc4} = E_{tc4} / r_t = 344 \text{ kW} - \text{energia electrică orară consumată de grupurile pompe injecție } \mathbf{22}.$$

Consumul energetic pentru răcirea carterului MTRTC, E_{crm} . Considerăm că 2/3 din pierderile calorice totale ale reactoarelor sunt evacuate din carter prin sistemul de răcire cu apă **28, 34**, iar restul de 1/3 de gazele arse vehiculate de ventilatoarele axiale **26**.

Date inițiale: $C_{a4} = 1.865.862 \text{ kcal}$ - cantitatea de căldură vehiculată orar de sistemul de răcire **28, 34**; $ca = 1 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$ - căldură specifică apă; $\Delta t = 20^\circ\text{C}$ - diferența de temperatură a apei; $h = 20 \text{ m}$ - înălțimea de pompaj a pompei; $r_{ti} = 0,07057$ - randamentul hidraulic total al instalației; $d = 1 \text{ kg/l}$.

$$m_{a4} = C_{a4} (ca \times \Delta t) = 93293,1 \text{ kg} - \text{cantitate apă vehiculată pe oră}; q_{a4} = m_{a4} / 3600 = 25,9147 \text{ l/s};$$

$E_{t4} = (d \times q_{a4} \times h) / 102 = 5,0813 \text{ kW}$; $E_{crm} = 72 \text{ kW}$ - energia electrică orară consumată de ansamblurile de răcire carter **28, 34**.

Consumul energetic prin frecare în lagărele motorului, E_{fr4} .

Consumul energetic prin frecare în lagăre este determinat de pierderile din rulmenții **7**, respectiv **11**.

Date inițiale: lagărul **1**, $P1 = 11.763.709 \text{ N}$ - sarcina dinamică în lagăr; $n_{r1} = 2$ - nr. rulmenți în lagărul **1**; $d_{mr1} = 1230 \text{ mm}$ - diametrul mediu rulment **7**; $f_1 = 0,0006$ - factor de calcul moment frecare M_1 ; $f_o = 2,5$ - factor de calcul Mo ; lagărul **2**, $P2 = 14.222.863 \text{ N}$ - sarcina dinamică în lagăr; $d_{mr3} = 1360 \text{ mm}$ - diametrul mediu rulment **11**; $n_{r2} = 2$; $W_4 = 5,8 \text{ rad/s}$;

RO 123404 B1

Momentul de frecare în lagărul 1.	1
$M_{11} = f_1 \times P1 \times d_{mr1} = 8681,617 \text{ Nm}$; $M_{o1} = (n_{r1} \times 1,6 \times f_o \times d_{mr1}^3)/10^5$; $M_{o1} = 148,869 \text{ Nm}$; $M_{fr1} = M_{11} + M_{o1} = 8830,486 \text{ Nm}$.	3
Momentul de frecare în lagărul 2.	5
$M_{12} = f_1 \times P2 \times d_{mr2} = 11605,856 \text{ Nm}$; $M_{o2} = n_{r2} \times 1,6 \times f_o \times d_{mr2}^3)/10^5$, $M_{o2} = 201,236 \text{ Nm}$ $M_{fr2} = M_{12} + M_{o2} = 11807,092 \text{ Nm}$ $M_{fr} = M_{fr1} + M_{fr2} = 20637,578 \text{ Nm}$ - momentul de frecare total; $E_{fr4} = M_{fr} \times w = 119,69 \text{ kW}$ aproximativ $E_{fr4} = 120 \text{ kW}$ - pierderea energetică totală în lagăre.	7
Consumul energetic pentru lubrifierea lagărelor, E_{pu} . Ungerea rulmenților se face prin ansamblul lubrifierea lagăre 27. Date inițiale: $cu = 0,47 \text{ kcal/kg}$ - căldură specifică ulei; $\Delta t = 30^\circ\text{C}$ - diferență temperatură în circuitul de ulei; $d_u = 0,9 \text{ kg/l}$ - densitate ulei; $p = 2 \text{ at} = 22,2275 \text{ m coloană ulei}$ - presiunea debitată de pompă; $r_t = 0,02$ - randamentul total al instalației de lubrifierea.	9
$C_{fl} = E_{fr4} \times 860,92 = 103310 \text{ kcal}$ - căldura disipată în lagăre; $m_{u4} = C_{fl}/(cu \times \Delta t) = 7327 \text{ kg}$; $q_{u4} = m_{u4}/(d_u \times 3600) = 2,2614 \text{ l/s}$ - debitul de ulei necesar; $E_t = (d_u \times q_{u4} \times p)/102 = 0,4435 \text{ kW}$; $E_{pu} = E_t / r_t = 22 \text{ kW}$ - energie electrică necesară lubrifierea lagăre.	13
Pierderi energetice datorate accelerațiilor centrifuge și coriolis ce acționează asupra debitelor de aer și jetului de gaze din reactor, respectiv asupra debitelor de aer din braț, E_{toco4} .	15
Conform capitolului privind accelerația centrifugă și accelerația coriolis avem pierderile energetice în reactoare $E_{tr4} = 77,168 \text{ kW}$ și pierderile energetice în brațe $E_{tb4} = 392 \text{ kW}$, datorate accelerațiilor amintite; rezultând: $E_{toco4} = E_{tr4} + E_{tb4} = 469 \text{ kW}$. Pierderea energetică totală datorată acțiunii ac. centrifugă și coriolis este: $E_{toco4} = 469 \text{ kW}$.	17
Pierderi energetice datorate frecării rotorului MTRTC cu gazele din carterul motorului, E_{fa4} .	21
Date inițiale: $n_t = 4$ - nr. reactoare; $n_b = 4$ - nr. brațe; $n_v = 2$ - nr. volanți; $m_r = 2900 \text{ kg}$; $m_b = 4779 \text{ kg}$; $m_v = 36784 \text{ kg}$; $D_{rt} = 16 \text{ m}$; $n = 55,1 \text{ rot/min}$; $\mu = 0,001$ - coeficient frecare cu gazele; $g = 9,81 \text{ m/s}^2$;	23
$E_{fr} = n_t \times m_r \times g \times \pi \times D_{rt} \times n \times 60 \times \mu = 18974459 \text{ J} = 5,3 \text{ kW}$	25
$E_{fb} = n_b \times m_b \times g \times \pi \times (D_{rt}/2) \times n \times 60 \times \mu = 15634299,6 \text{ J} = 4,3 \text{ kW}$	27
$E_{fv} = n_v \times m_v \times g \times \pi \times (D_{rt}/2) \times 60 \times \mu = 60168663 \text{ J} = 16,7 \text{ kW}$	29
$E_{fa4} = E_{fr} + E_{fb} + E_{fv} = 27 \text{ kW}$ - pierderi datorate frecării cu gazele	29
Pierderi energetice calorice în reactoarele MTRTC, C_{o4} .	
Pierderile calorice din reactoare sunt apreciate la 3% din energia combustibilului ars în reactor. $E_{ka4} = 108371 \text{ kW}$.	31
$C_{c4} = 0,03 \times E_{ka4} = 3251 \text{ kW}$	33
Pierderi energetice în circuitele și acționările electrice, E_{ce4} . Aceste pierderi sunt apreciate la 2,2% din puterea electrică totală a consumatorilor și se compun din: pierderile generatorului electric 29, pierderile ansamblului electric distribuție 32, pierderile ansamblului automatizat conducere motor 33, pierderile în cablurile electrice de alimentare (pierderile energetice ale motoarelor electrice au fost incluse în randamentele instalațiilor respective, cu o valoare pentru randamentul unui motor electric $\eta = 0,96$).	35
Puterea totală a consumatorilor este:	37
$E_{e4} = E_{ca4} + E_{cr4} + E_{ga4} + E_{cc4} + E_{crm} + E_{pu} = 26132 \text{ kW}$	39
$E_{ce4} = 0,022 \times E_{e4} = 575 \text{ kW}$	41
Pierderi energetice în reductor turație 30, E_{rt4} . Reductorul 30 cu o treaptă și patru turații are rolul de a menține constantă turația generatorului 29 pentru patru regimuri distincte de funcționare ale MTRTC: maxim, nominal 1, nominal 2 și minim. (Există posibilitatea înlocuirii reductorului 30 cu un redresor de reglare a frecvenței curentului debitat de generatorul 29; se va alege varianta optimă).	43
Randamentul reductorului cu o treaptă și patru turații, având roți dințate cu dinți drepecți, cu coeficienți minimi de corijare, este apreciat la valoarea $\eta_r = 0,97$.	45
	47
	49

RO 123404 B1

- 1 $E_{rt4} = (1 - \eta_r)(E_{e4} + E_{ce4}) = 801 \text{ kW}$.
 Pierderile energetice în angrenajul roată dințată dublă **10**, roată dințată balador **17**,
- 3 E_{ar4} .
 Acest angrenaj oferă posibilitatea obținerii turațiilor necesare la arborele generatorului
 5 electric **29** atunci când MTRTC funcționează cu patru reactoare la capacitate (treapta II), ori
 cu numai două reactoare (treapta I) la jumătate din capacitate. Randamentul angrenajului
 7 cu roți dințate cu dinți drepecți necorijați este $\eta_a = 0,99$.
 $E_{ar4} = (1 - \eta_a)(E_{e4} + E_{ce4} + E_{rt4}) = 275 \text{ kW}$
 9 Calculul energiei totale consumate, E_{c4} .
 $E_{c4} = E_{ca4} + E_{cr4} + E_{ga4} + E_{cc4} + E_{crm} + E_{fr4} + E_{pu} + E_{toco4} + E_{fa4} + C_{c4} + E_{ce4} + E_{rt4} + E_{ar4} E_{c4}$
 11 $= 31650 \text{ kW}$.
 Calculul energiei utile produse de MTRTC, E_{u4} .
 13 $E_{u4} = E_{ka4} - E_{c4} = 76721 \text{ kW}$
 $E_{ka4} = 108371 \text{ kW}$
 15 Calculul randamentului MTRTC, η_{MT} .
 $\eta_{MT} = E_{u4} / E_{ka4} = 0,7079 \quad \eta_{MT4} = 70,79 \%$
 17 Calculul turației arborelui MTRTC, n_4 și a cuplului motor M_t . Viteza de rotație a arborelui
 se determină din ecuația:
 19 $0,5 \times J_{arm} \times W_4^2 + M_{m4} \times W_4 - E_{u4} = 0$; $J_{arm} = 3391374,6 \text{ kgm}^2$;
 $M_{m4} = 4 \times F_{prM} \times (D_{rt}/2) = 3456000 \text{ Nm}$ - moment motor;
 21 $E_{u4} = 76721000 \text{ W}$.
 După rezolvarea ecuației rezultă: $W_4 = 5,784 \text{ rad/s}$, conducând la o turație $r_u =$
 23 $55,23 \text{ rot/min}$.
 Cuplul motor $M_{t4} = E_{u4} / W_4 = 13264350 \text{ Nm}$.
 25 $E_{u41} = M_{m4} \times W_4 = 19989500 \text{ W}$; $E_{u42} = 0,5 \times J_{arm} \times w_4^2 = 56731500 \text{ W}$;
 E_{u41} - energia produsă de momentul motor reprezintă 26,06% din E_{u4} ;
 27 E_{u42} - energia produsă inerțial de volanți reprezintă 73,94% din E_{u4}
 $E_{u4} = E_{u41} + E_{u42}$
 29 Calculul puterii E_{rd} și a cuplului motor M_{ta} , pe care MTRTC le transmite prin roata dințată
 dublă **10**, reductorului **30**.
 31 $E_{rd} = E_{e4} + E_{ce4} + E_{rt4} + E_{ar4} = 27783 \text{ kW}$
 $M_{ta} = E_{rd} / w_4 = 4803423 \text{ Nm}$.
 33 Determinarea consumurilor energetice, a randamentului și turației MTRTC, când acesta
 funcționează la jumătate din capacitate cu două reactoare.
 35 În urma unui algoritm identic cu cel din capitolul precedent avem:
 $E_{ca2} = 12120 \text{ kW}$; $E_{cr2} = 515,5 \text{ kW}$; $E_{ga2} = 211,5 \text{ kW}$; $E_{cc2} = 172 \text{ kW}$; $E_{crm} = 72 \text{ kW}$;
 37 $E_{fr2} = 60 \text{ kW}$; $E_{pu} = 24 \text{ kW}$; $E_{toco2} = 135 \text{ kW}$; $E_{fa2} = 20 \text{ kW}$; $C_{c2} = 1625,5 \text{ kW}$; $E_{ce2} = 289 \text{ kW}$;
 $E_{rt2} = 402 \text{ kW}$;
 39 $E_{ar2} = 138 \text{ kW}$. Consumul energetic total $E_{c2} = 15784,5 \text{ kW}$; energia utilă $E_{u2} = 38401 \text{ kW}$;
 energia combustibilului ars $E_{ka2} = 54185,5 \text{ kW}$; randamentul motorului $\eta_{MT2} = 0,70869$; viteza
 41 de rotație $W_2 = 4,276 \text{ rad/s}$; turația $n_2 = 40,83 \text{ rot/min}$; cuplul motor $M_{t2} = 8580589 \text{ Nm}$.
 $E_{u21} = 7396 \text{ kW} = 19,26\% E_{u2}$; $E_{u22} = 31005 \text{ kW} = 80,74\% E_{u2}$.
 43 Regimurile de funcționare ale MTRTC.
 Regimul minim (m) de funcționare este de 70% din regimul maxim (M) astfel: $F_{prm} =$
 45 $0,7 F_{prm}$; $M_{m} = 0,7 M_{mM}$; $m_{cm} = 0,7 m_{cmM}$; $m_{cbm} = 0,7 m_{cbmM}$. Se aleg pentru reactorul **1** patru
 regimuri de funcționare distincte care depind de valorile forței de propulsie, și anume: F_{prM}
 47 $= 108 \text{ kN}$, $F_{pr1} = 97,2 \text{ kN}$, $F_{pr2} = 86,4 \text{ kN}$, $F_{prm} = 75,6 \text{ kN}$, selectate în concordanță cu diagrama
 F_{pb} -t adica diagrama 1.
 49 Aceste regimuri distincte de funcționare ale reactorului **1** vor antrena MTRTC în patru
 regimuri distincte pentru treapta I de funcționare, respectiv patru regimuri distincte pentru treapta
 51 II de funcționare.

RO 123404 B1

Revendicări

1

1. Motor termic cu reacție pe traiectorie circulară, compus din reactoare (1) montate pe brațe (2) încastrate la partea inferioară într-un butuc (5) lăgăruit cu rulmenți (7 și 11) pe un carter, reactoarele (1) fiind alimentate cu combustibil lichid de la un grup pompă (22) printr-o casetă (21) de distribuție, tuburi kerosen (121) și conducte (118) poziționate de-a lungul brațelor (2), **caracterizat prin aceea că** brațele (2) împreună cu niște volanți (3) și niște bucșe (6) sunt solidarizate de arborele asamblat (4), constituind astfel un rotor ce este lăgăruit cu rulmenți (7 și 11) puși în legătură cu un ansamblu (27) de lubrifiere și montați într-un carter inferior (8) și un carter superior (9), arborele asamblat (4) alimentat cu aer de la niște compresoare (16) ce comprimă aerul de combustie care ajunge la fiecare reactor (1) printr-un racord (19) rotativ și prin niște tuburi (124 și 119), arborele asamblat (4) alimentat cu aer răcit de niște ventilatoare (12) ce direcționează aerul de răcire care ajunge la fiecare reactor (1), prin niște racorduri (18) rotative de aer, printr-o gaură axială din arborele motor (120) și printr-un tub braț (110), iar gazele arse sunt evacuate din carter de ventilatoare axiale (26) prin difuzoare de aspirație și o tubulatură (47) de evacuare în atmosferă, iar carterul (8) inferior este răcit de un ansamblu (28) de răcire, respectiv, carterul (9) superior este răcit de un alt ansamblu (34) de răcire, iar motorul este condus cu un ansamblu electric de distribuție (32) și o buclă de reacție compusă dintr-un ansamblu (33) automatizat, fiind în legătură mecanică și cu un generator (29).

2. Motor termic cu reacție pe traiectorie circulară, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** kerosenul intră în reactorul (1) printr-un racord combustibil (102), iar aerul de ardere intră în reactor (1) printr-un spațiu dintre un difuzor (103) și o carcasă difuzor (96), după care trece într-un stator difuzor (84) spre o camera de combustie (63), care este formată dintr-un subansamblu (67) injecție combustibil, un combustor (66) inelar, o bujie aprindere (99), un suport inferior (81) și un suport superior (83), apoi jetul de gaze incandescent trece prin spațiul dintre un efuzor central (71) și un efuzor exterior (65) spre ajutorul coinelar (60), iar aerul de răcire intră în reactorul (1) printr-un spațiu dintre carcasa difuzor (96) și o carcasă frontală (72), fiind dirijat spre efuzorul exterior (65), printre ajutorul coinelar (60), o carcasă exterioară (64) și un tub (94) răcire ajutor, reactorul (1) fiind susținut la partea anterioară de un suport (105), cuprinzând o carcasă frontală (72) prinsă cu niște șuruburi (74) și niște șaibe (73), iar statorul difuzor (84) este fixat în carcasa difuzor (96) cu niște șuruburi (80), iar carcasa frontală (72) și tubul răcire ajutor (94) sunt montate pe carcasa exterioară (64) prin niște șuruburi (91) și niște piulițe (92), iar camera de combustie (63) este montată de carcasa difuzor (96) prin intermediul unor șuruburi (80) de efuzorul exterior (65) prin niște șuruburi (82), iar efuzorul exterior (65) de ajutorul coinelar (60) cu ajutorul unor șuruburi (61) și niște piulițe (93), cablajul de automatizare (101) fiind conectat cu niște senzori temperatură (98), niște senzori presiune (100) aer difuzor și niște senzori presiune (104) combustibil, montați în reactorul (1).

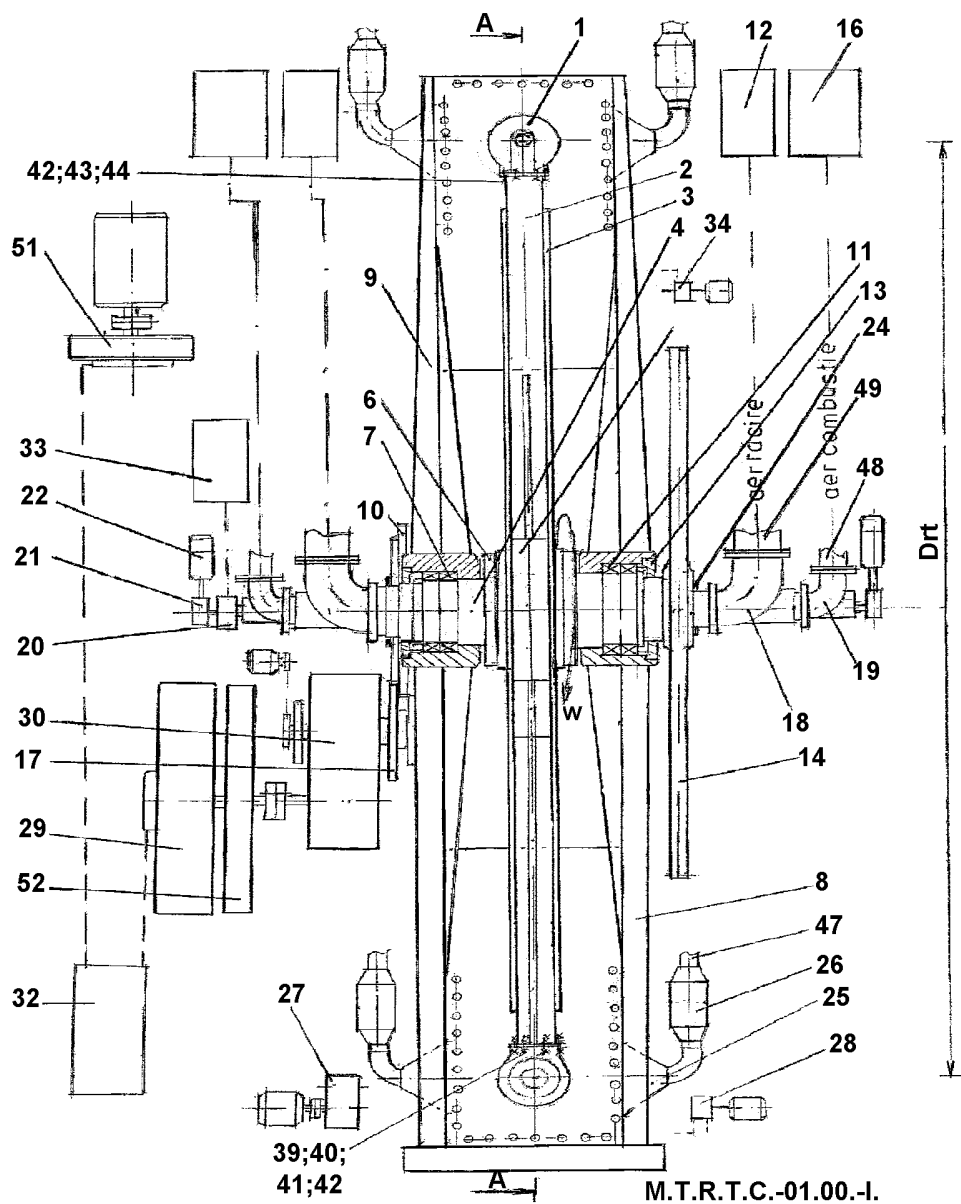
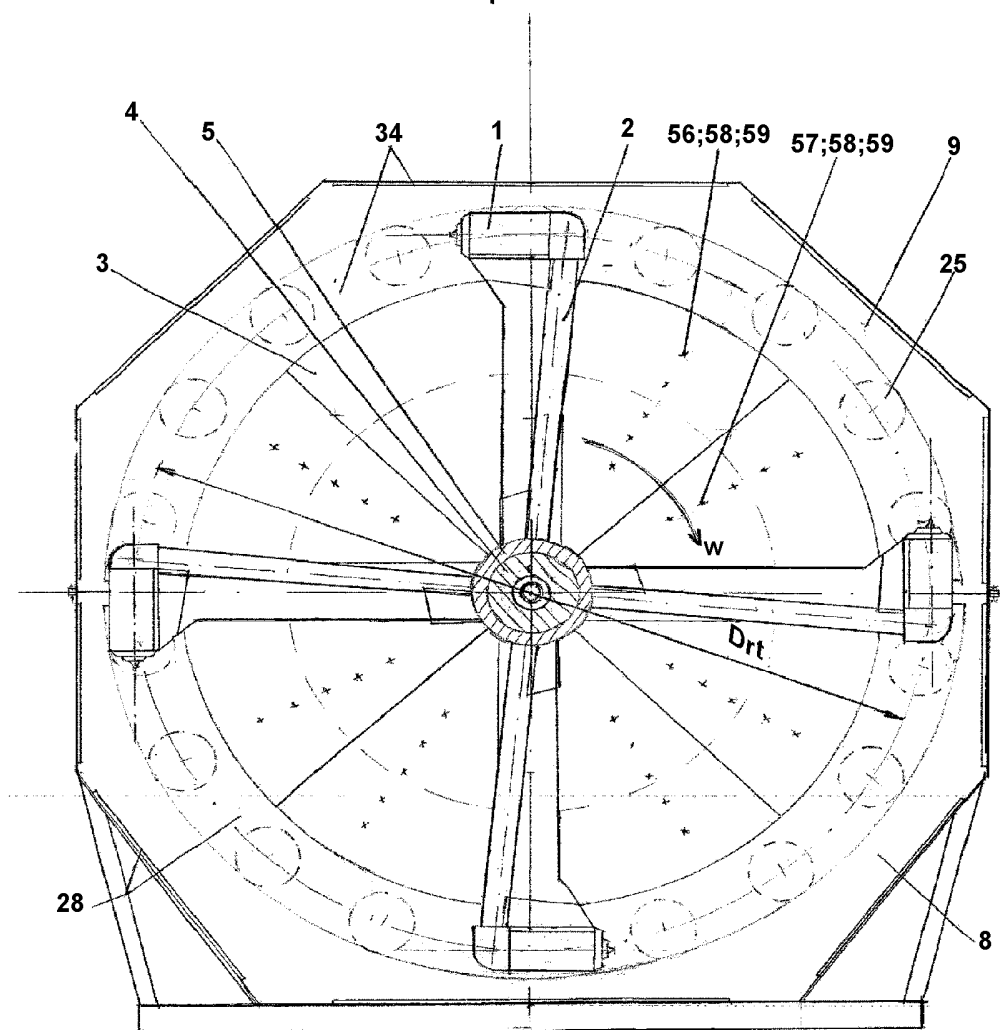


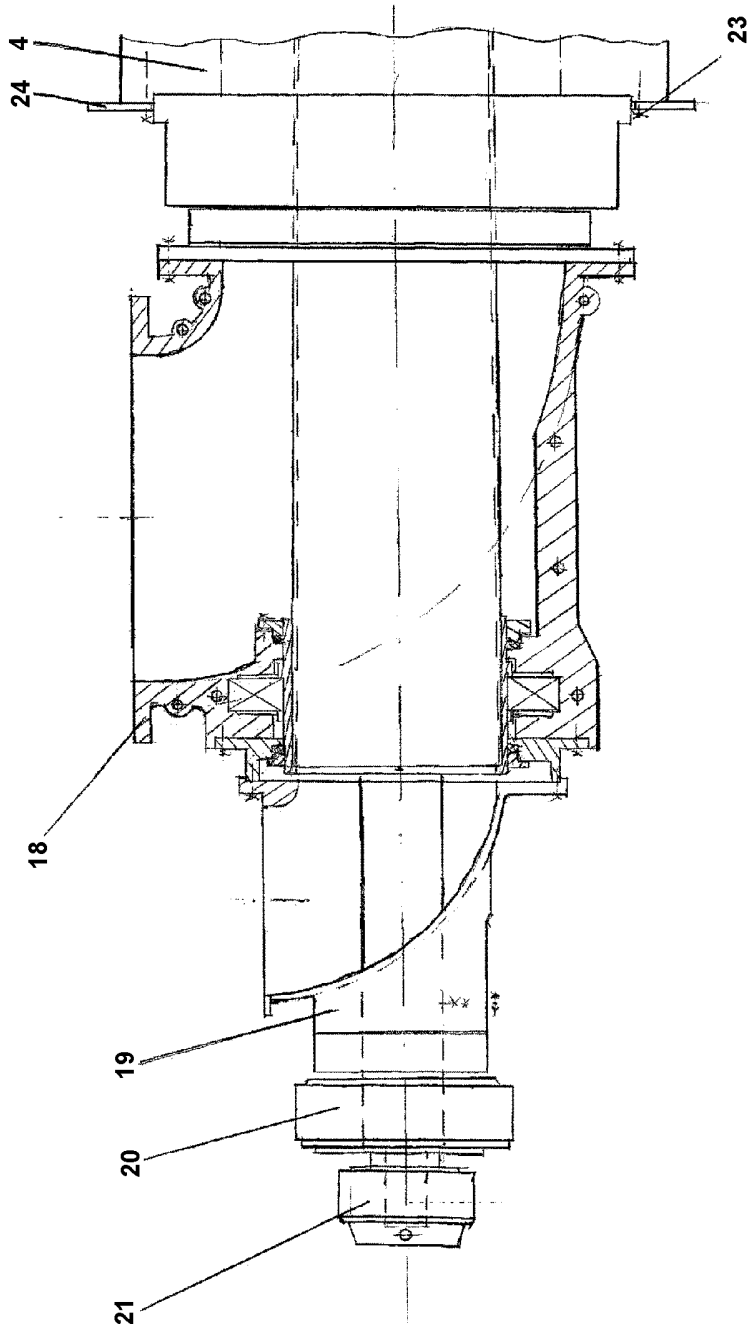
Fig. 1

SECȚIUNEA A -A



M.T.R.T.C. - 01.00. - II.

Fig. 2



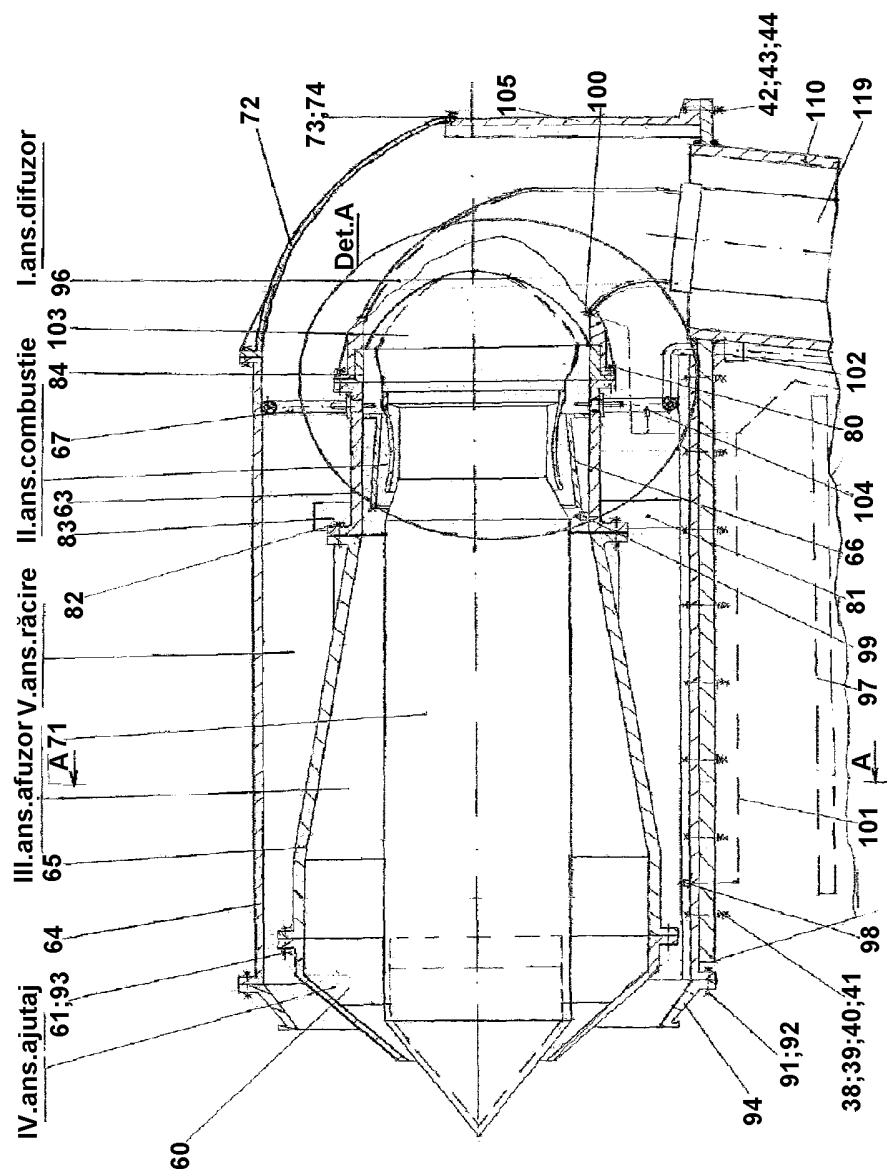
M.T.R.T.C. - 01.00. - III.

Fig. 3

(51) Int.Cl.

F02C 3/16 (2006.01),

F02K 7/16 (2006.01)



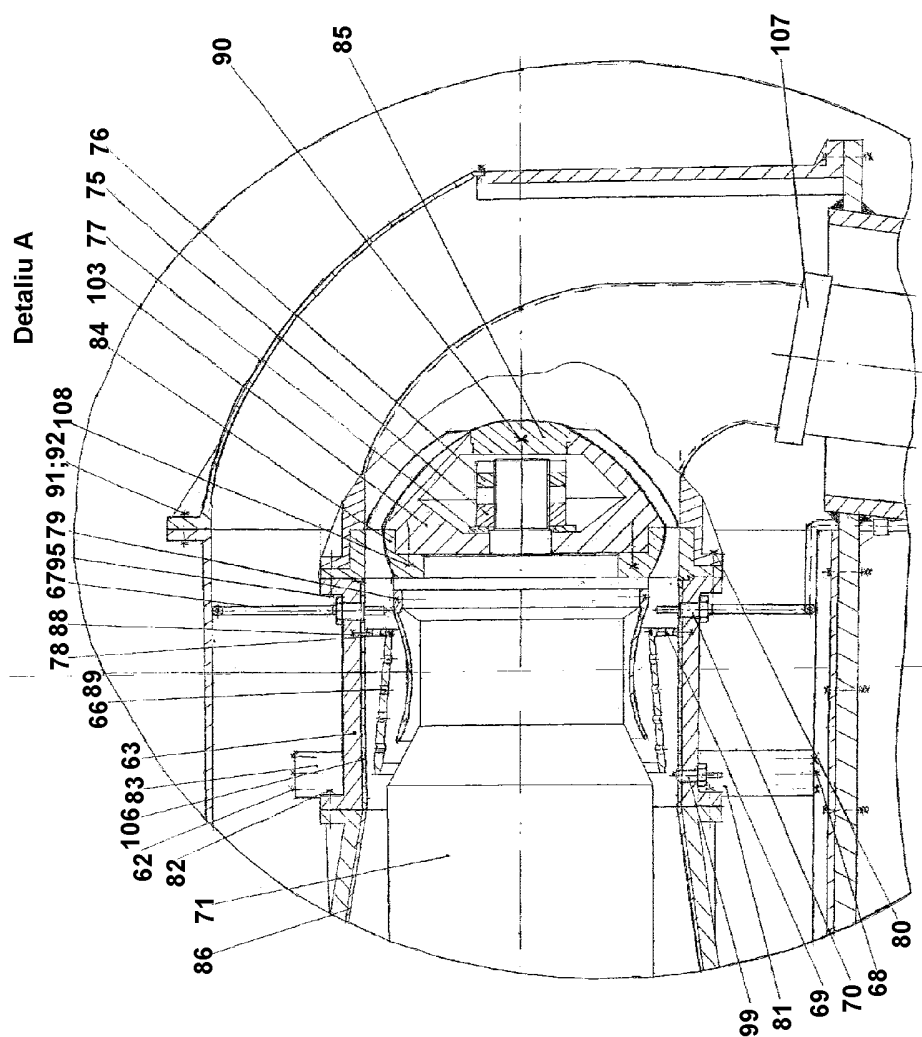
M.T.R.T.C. - 01.01. - I/A

Fig. 4

(51) Int.Cl.

F02C 3/16 (2006.01).

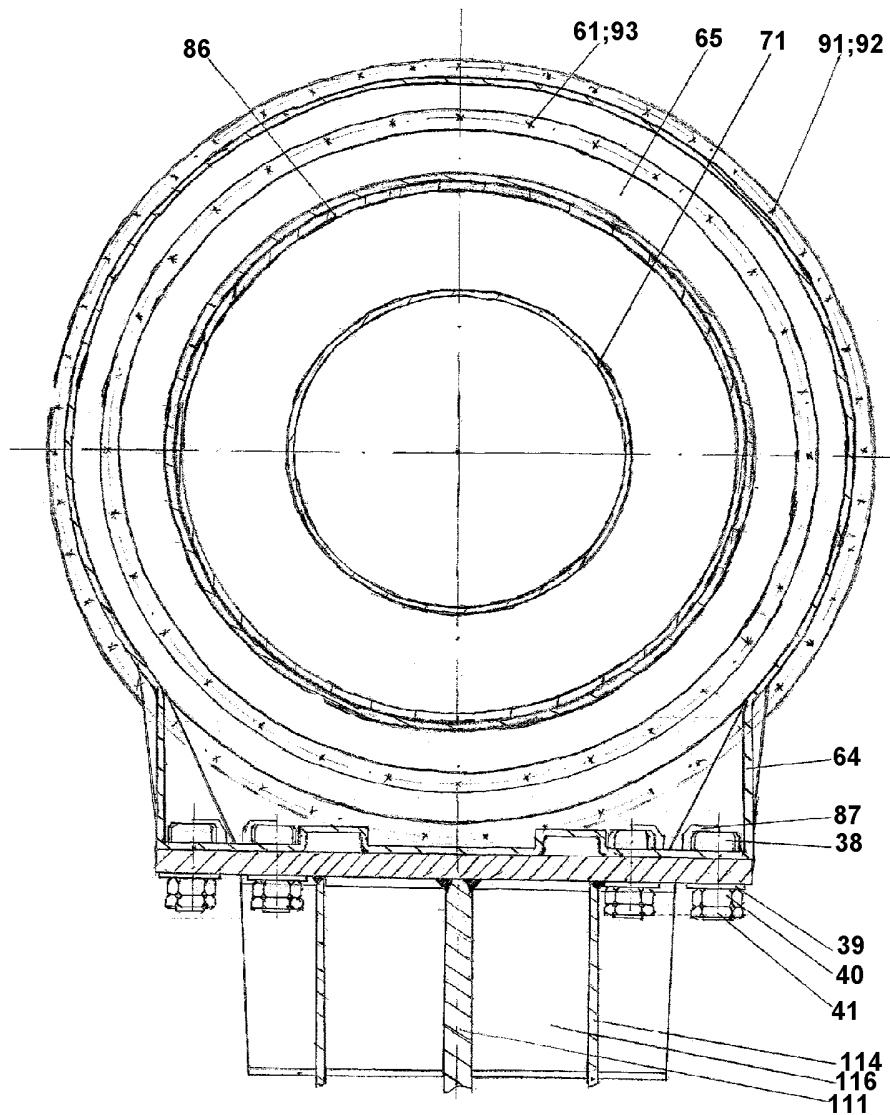
F02K 7/16 (2006.01)



M.T.R.T.C. - 01.01. - II./A

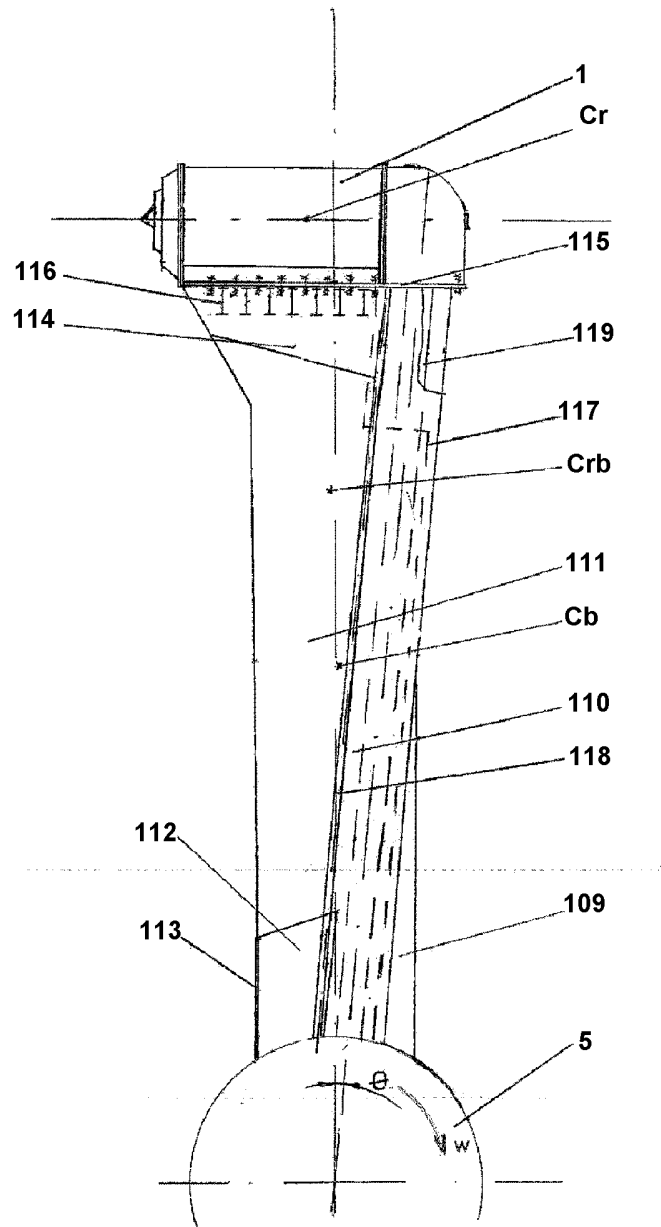
Fig. 5

SECȚIUNEA A - A



M.T.R.T.C. - 01.01. - III

Fig. 6



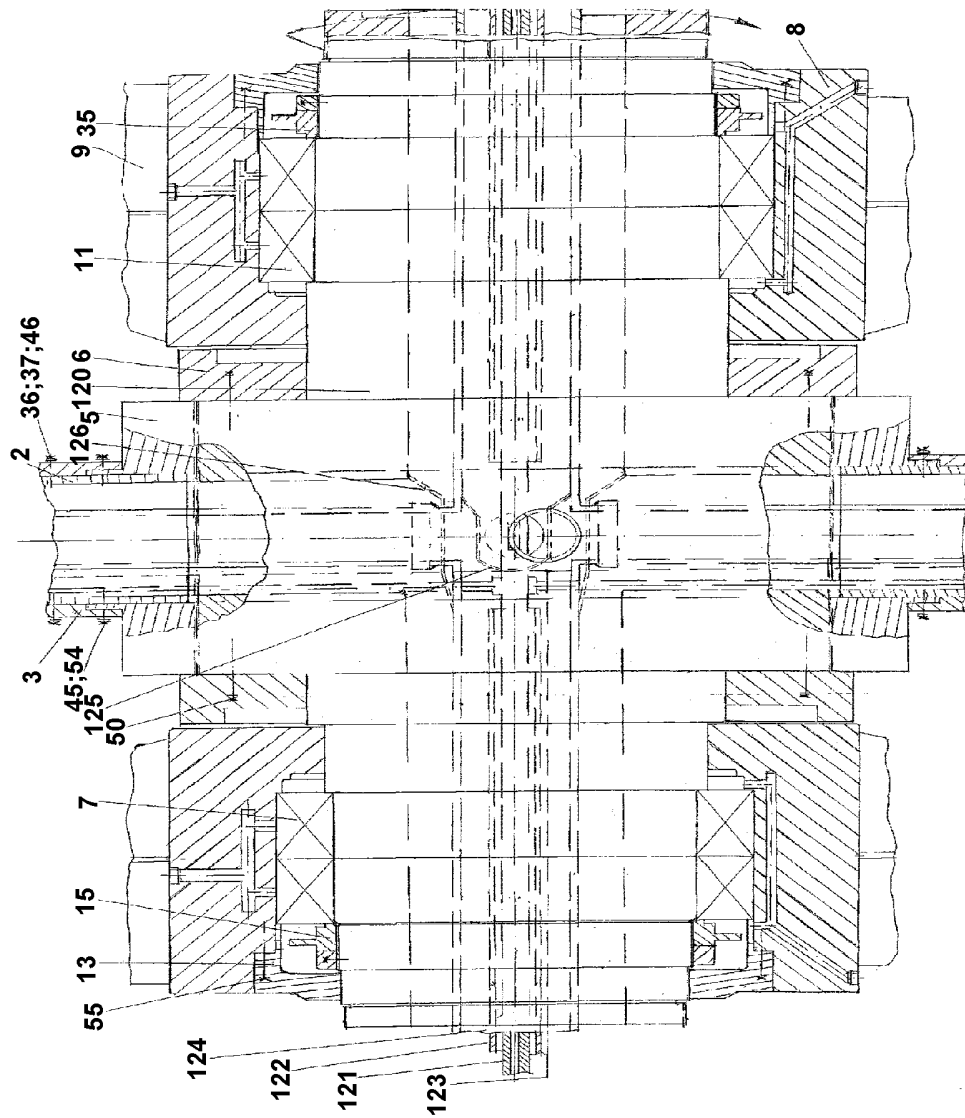
M.T.R.T.C. - 01.02. - I

Fig. 7

(51) Int.Cl.

F02C 3/16 (2006.01),

F02K 7/16 (2006.01)



M.T.R.T.C. - 01.04. I.

Fig. 8

(51) Int.Cl.

F02C 3/16 (2006.01),

F02K 7/16 (2006.01)

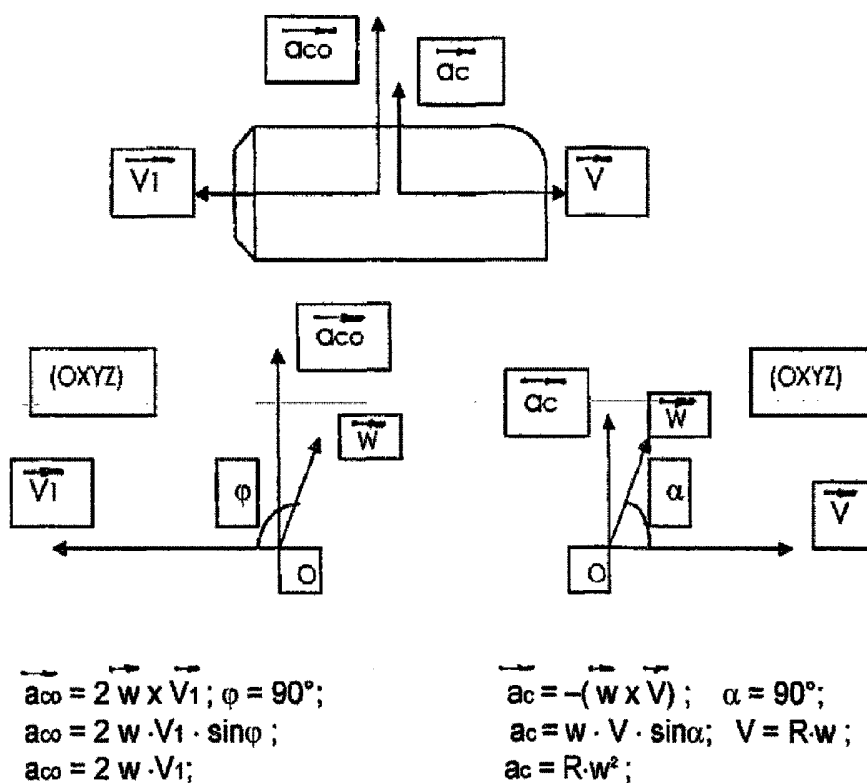


Fig. 9

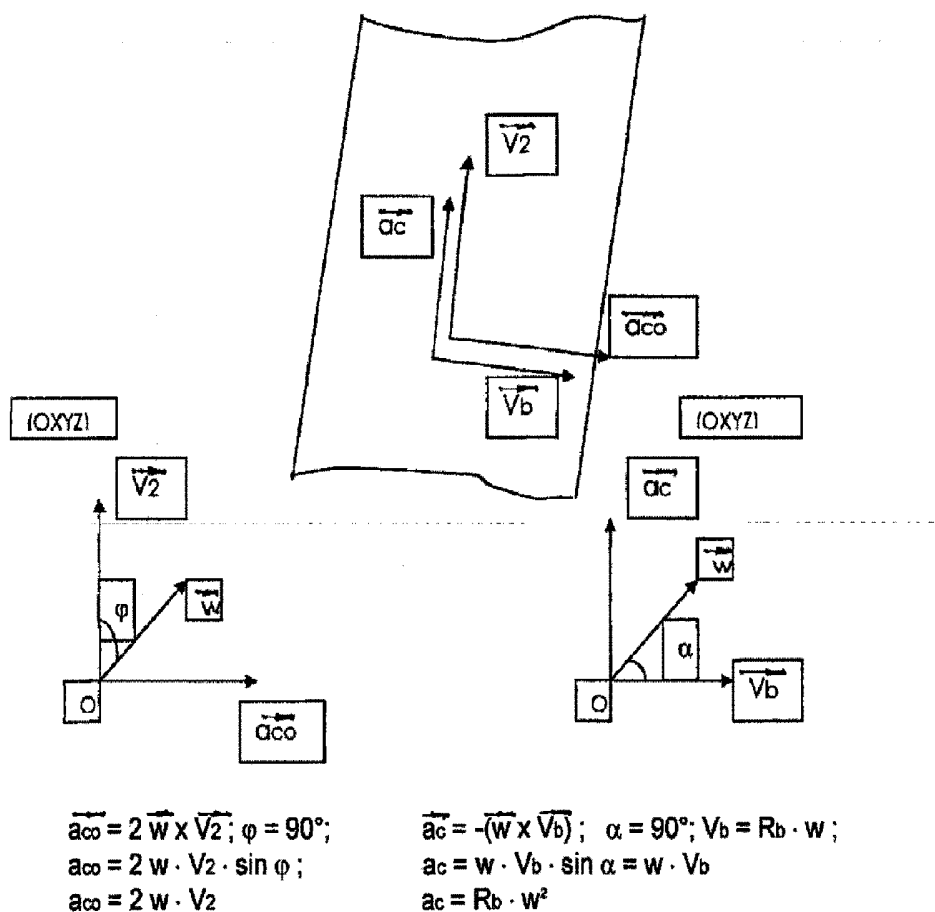


Fig. 10

