



(12)

## CERERE DE BREVET DE INVENTIE

(21) Nr. cerere: a 2017 00127

(22) Data de depozit: 02/03/2017

(41) Data publicării cererii:  
30/08/2017 BOPI nr. 8/2017

(71) Solicitant:  
• JEFLEA IOAN CRISTIAN,  
STR. IZVORULUI, NR.2, DEVA, HD, RO

(72) Inventator:  
• JEFLEA IOAN CRISTIAN,  
STR. IZVORULUI, NR.2, DEVA, HD, RO

### (54) COLECTOR SOLAR DE ÎNALTĂ EFICIENȚĂ, CU REGULATOR DE TEMPERATURĂ

#### (57) Rezumat:

Invenția se referă la un colector solar destinat captării și conversiei, în condiții de siguranță, a energiei provenite de la radiația solară în energie termică nepoluantă, pentru prepararea de apă caldă menajeră, respectiv, producerea de agent termic pentru aplicații tehnologice de încălziri casnice sau industriale. Colectorul conform invenției este alcătuit din mai multe baterii termice, fiecare din ansambluri metalice de câte patru schimbătoare de căldură de tip umed, și câte un schimbător de căldură de tip țeavă în țeavă; fiecare schimbător de căldură de tip umed este confectionat prin îmbinarea sudată a unor elemente (1) de prelungire, a unor coturi (2) și a unor subansambluri realizate prin sudarea elementelor adiacente, compuse dintr-un condensator al unui tub (TT) termic, în jurul căruia se află atașată o spirală (3), o piesă (4) tronconică de închidere și o piesă (5) de forma literei T; schimbătorul de căldură din metal, de tip țeavă în țeavă, este construit prin conectarea sudată dintre o cămașă (6) exterioară, o piesă (7) tronconică, un element (8) de legătură, un capac (9), și are intrarea și ieșirea realizate cu ajutorul unei piese (10) în formă de T, de care este atașat la interior un tub (11) central, iar la exterior, un cot (12); pachetul rezultat prin alăturarea segmentelor de vaporizare aferente tuburilor (TT) termice, cu partea inferioară a schimbătorului de căldură de tip țeavă în țeavă, și cu o manta (13) metalică profilată, formează

un grup compact, aflat în contact termic, care este introdus într-un tub (14) din sticlă borosilicată, cu pereți dubli, spațiul dintre pereți fiind vidat și având rol de izolator termic și de absorbant de radiații solare.

Revendicări: 11

Figuri: 5

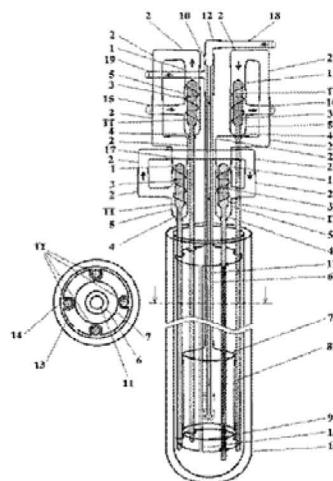
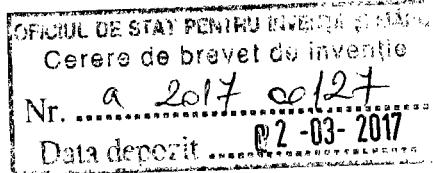


Fig. 1

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





## COLECTOR SOLAR DE ÎNALȚĂ EFICIENȚĂ CU TUBURI TERMICE

Invenția se referă la un colector solar de înaltă eficiență cu tuburi termice, destinat captării și conversiei în condiții de siguranță a energiei provenite de la radiația solară în energie termică nepoluantă pentru prepararea de apă caldă menajeră respectiv producerea de agent termic pentru aplicații tehnologice de încălziri casnice sau industriale.

Există o mare varietate de soluții tehnice privind schimbul de căldură între două sisteme termodinamice, care se bazează pe utilizarea tubului termic, cunoscut și sub denumirea de „heat pipe” sau „caloduct”. Tubul termic este principal constituit dintr-o incintă alungită, vidată, în interiorul căreia se află un lichid aflat în echilibru cu vaporii săi, care printr-un ciclu continuu de vaporizare respectiv condensare poate asigura schimbul de căldură între două medii. Un mediu constituie sursa caldă la un capăt iar în acesta se regăsește poziționat segmentul aferent tubului termic denumit vaporizator și un mediu la celălalt capăt, care reprezintă sursa rece și în care se află segmentul denumit condensator. Ca atare tuburile termice conductoare transferă căldură de la un corp cald la un corp rece. Ca soluție tehnică cunoscută, tubul termic este o sondă din cupru închisă la ambele capete, vidată și care în mod uzuual conține o cantitate de substanță non-toxică care ocupă aproximativ 20% din volumul său. Atmosfera sub vid din interiorul tubului termic face ca această substanță să fierbă la o temperatură joasă (25~30°C), trecând din fază lichidă în fază gazoasă. Pentru a trece în fază gazoasă, fluidul absoarbe o anumită cantitate de căldură numită căldură latentă de vaporizare. Această cantitate de căldură va fi cedată la trecerea inversă din fază gazoasă în fază lichidă. În tubul termic schimbarea inversă de fază are loc la capătul denumit condensator. Aici substanța condensează și cedează căldura absorbită la vaporizare. În timpul funcționării tubului termic acest ciclu are loc continuu, transferând căldura de la corpul cald la corpul rece. Datorită fenomenelor de vaporizare și condensare a lichidului interior, conductivitatea termică a tubului termic este de sute sau chiar mii de ori mai mare ca a unui conductor metalic omogen având același volum.

Sistemele de captare a energiei termice provenite de la radiația solară se produc sub diverse modele și tehnologii. Referindu-ne strict la cele care au în componență tuburi termice, este cunoscut faptul că transferul de căldură de la condensator la fluidul solar se poate realiza într-un mod direct sau indirect, adică condensatorul poate fi înmuiat direct în fluidul solar, numit și de tip umed sau condensatorul poate fi plasat într-o teacă (ștuț), care este un element

intermediar în transferul de căldură de la condensator la fluidul solar, numit și de tip uscat, această teacă în sine fiind în contact direct cu fluidul solar. Astfel, colectorul solar cu tuburi termice are ca element principal un schimbător de căldură a cărui structură este alcătuită dintr-o carcasă de diferite forme în care se află elementele de transmisie a căldurii (condensatoarele tuburilor termice), care pot fi în contact direct sau indirect cu lichidul, denumit și fluid solar, care circulă prin schimbătorul de căldură și preia fluxul termic de la elementele de încălzire. Rolul schimbătorului de căldură, aferent colectorului solar, este esențial pentru conversia cu randament ridicat a energiei provenite de la radiația solară în energie termică. De asemenea, o problemă foarte importantă în ceea ce privește construcția colectorului solar constă în aceea că trebuie să asigure transferul termic în condiții de siguranță, în special în perioadele cu radiație solară intensă și consum redus de căldură, denumită și perioadă de stagnare.

În scopul obținerii unui randament termic superior, se cunoaște un colector solar conform brevetetului **US20130298898A1**, cu titlul „Solar collector with heat exchanger and absorption vacuum tubes”, care este compus din mai multe tuburi vidate din sticlă, iar în interiorul fiecărui tub de sticlă se află câte patru tuburi termice. Condensatoarele aferente tuburilor termice sunt introduse în grupuri de câte patru ștuțuri, care sunt fixate într-un schimbător de căldură de tip uscat.

Tot cu scopul creșterii eficienței energetice se mai cunosc de asemenea colectoarele solare, conform brevetelor **US20120204860A1** cu titlul „Evacuated tubes for solar thermal energy collection” și respectiv **US20110253127A1** cu titlul „High efficiency conversion of solar radiation into thermal energy”, care sunt compuse din tuburi vidate din sticlă, iar în interiorul fiecărui tub de sticlă se află două tuburi termice. Condensatoarele aferente perechilor de tuburi termice sunt introduse în câte două ștuțuri care sunt fixate grupat într-o conductă ce formează un schimbător de căldură de tip uscat al unui colector solar.

Se mai cunoaște colectorul solar, conform brevetului **US8967136B2** cu titlul „Solar collector system”, care este compus din mai multe tuburi vidate de sticlă, în interiorul căror se află câte un tub termic al cărui condensator este introdus într-o teacă, care este fixată în conducta colectorului solar de tip uscat.

Așa cum se poate observa, soluțiile tehnice prezentate în invențiile de mai sus au la bază colectoare solare de tip uscat, adică transferul de căldură dintre condensatoarele aferente tuburilor termice și fluidul solar, se produce în mod indirect, prin intermediul unor grupuri de

teci fixate în schimbătorul de căldură. Acest mod de conectare al tubului termic în colectorul de preluare a căldurii prezintă câteva dezavantaje:

- Transferul termic de la peretele condensatorului aferent tubului termic la fluidul care circulă prin schimbătorul de căldură se realizează prin conductione în două medii respectiv prin două rezistențe termice inseriate. O rezistență termică datorată peretelui cilindric în care este introdus condensatorul tubului termic respectiv o rezistență termică datorată spațiului dintre peretele condensatorul tubului termic și peretele cilindric în care este introdus acesta. Aceste două rezistențe termice inseriate au ca efect reducerea transferului termic de la tubul termic la fluidul care circulă prin colector și care preia acest flux termic. Acest tip de dezavantaj, specific acestor schimbătoare de căldură de tip uscat și care se reflectă în reducerea eficienței energetice a colectorului solar, se urmărește a se micșora iar pentru a îmbunătății transferul termic se introduce o pastă termoconductoare în spațiul dintre condensatorul tubului termic și teaca în care acesta este introdus. Acesată operațiune este necesar să se efectueze periodic iar pe lângă faptul că presupune personal specializat, implică și anumite riscuri datorate poziționării colectorului solar de cele mai multe ori la înălțime. În condițiile în care operațiunea de curățare respectiv de reintroducere a pastei termoconductoare nu se face la timp, randamentul colectorului solar scade substanțial.

- Modalitatea de așezare a tecilor în schimbătorul de căldură crează probleme în ceea ce privește regimul de curgere, cu efect direct asupra transferului termic de la teci la fluidul solar și implicit asupra reducerii randamentului termic. Este știut faptul că transferul termic se produce în condiții eficiente într-un regim de curgere turbulent, regim care depinde în mod direct de viteza de curgere, de vâscozitatea fluidului cât și de configurația hidraulică respectiv de existența unor promotori de turbulență. Astfel, după cum este prezentat și în invenția **US20120204860A1**, este foarte importantă alegerea distanței dintre tecile imersate în schimbătorul de căldură. Distanța dintre două teci consecutive, aflate pe direcția de curgere, trebuie aleasă astfel încât fluidul solar să aibă un regim de curgere turbulent în jurul fiecărei teci din interiorul schimbătorului de căldură. Chiar și în condițiile stabilirii distanței optime dintre teci, regimul de curgere se poate schimba atât datorită modificării vâscozității fluidului solar odată cu temperatura cât și datorită modificării vitezei de curgere spre exemplu în situația când s-ar utiliza pompă de circulație cu turăție variabilă (pentru economisirea de energie electrică) sau chiar și în condițiile montării colectorului solar într-un circuit care presupune o rezistență hidraulică diferită de cea în care a fost determinată distanța optimă

dintre teci. În situația în care există teci alăturate pe lângă cele consecutive aflate pe direcția de curgere, conform cu invenția **US20130298898A1**, problematica regimului de curgere respectiv a transferului termic devine foarte complexă și poate conduce chiar la anularea avantajului utilizării a patru tuburi termice într-un singur tub de sticlă vidată. Așa cum s-a arătat, regimul de curgere în condiții reale este variabil în timp și depinde de mai mulți factori (viteza de curgere, vâscozitate, densitate) astfel încât aceste colectoare solare sunt limitate din punct de vedere al eficienței energetice și nu se pot utiliza la randament maxim independent de caracteristicile hidraulice ale rețelei în care sunt incluse.

Trebuie precizat că dezavantajele descrise mai sus și care în principal se reflectă asupra modului de transfer termic, influențează termodinamic inclusiv funcționarea tubului termic. Așa cum a fost prezentat mai sus, procesul de vaporizare-condensare se desfășoară optim atunci când este asigurat procesul de condensare. În situația în care transferul termic de la condensator la fluidul solar se înrăutățește, consecința directă este că procesul de condensare care are loc în interiorul tubului termic se reduce sau chiar se stopează, aceasta influențând direct și procesul de vaporizare, care va determina limitarea tubului termic în ceea ce privește transportul de energie termică.

- Sunt întâlnite frecvent situațiile în care datorită supraîncălzirii locale în perioadele de stagnare, condensatorul tubului termic se sudează, datorită temperaturii foarte mari, de teaca în care acesta este introdus, iar datorită acestui fapt menenanța perioadică a elementului respectiv nu se mai poate efectua. O situație foarte periculoasă se poate produce în perioada de stagnare totală respectiv atunci când nu există consum și nu se preia căldură de la tubul termic, iar aceasta coincide cu o perioadă de radiație solară intensă. În asemenea situație, dacă nu se iau măsuri de răcire forțată, zona de contact dintre tubul termic și colector se supraîncălzește ducând la deformări plastice care ulterior conduc la defectarea și scoaterea prematură din uz a colectorului solar respectiv a întregului ansamblu solar.

Se mai cunoaște invenția **CA1141614**, cu titlul „Solar collector with heat tubes”, care constă dintr-un colector solar de tip umed și care are introdus în interiorul acestuia condensatorul unui tub termic.

În ceea ce privește acest tip de colector solar, se pot distinge câteva dezavantaje:

- Din modul cum este prezentat în invenție, acest tip de schimbător de căldură de tip umed prezintă același tip de dezavantaj ca și la tipul de schimbător de tip uscat respectiv datorită modului cum are loc curgerea fluidului solar pe lângă condensatorul tubului termic. Deși condensatorul tubului termic este imersat în fluidul solar, eliminind astfel rezistența termică de contact, în lipsa unor promotori de turbulență cât și datorită distanței dintre condensatoare, pot să se producă regimuri de curgere laminare, care să înrăutătească schimbul de căldură și astfel să scadă eficiența colectorului solar.

- Modalitatea de etanșare la trecerea tubului termic prin carcasa schimbătorului de căldură, prezintă dezavantajul major al lipsei de stabilitate în timp, în special datorită faptului că etanșarea se realizează prin compresiune, prin intermediul unei garnituri, într-o zonă cu temperaturi înalte. Datorită temperaturilor ridicate care se regăsesc la contactul dintre tubul termic cu garnitura de etanșare, se produce o îmbătrânire rapidă a materialului, ceea ce conduce la distrugerea acestei garnituri și astfel la pierderea etanșeității schimbătorului de căldură. Odată cu pierderea etanșării are loc și pierderea fluidului solar și respectiv scoaterea din uz a colectorului solar. În egală măsură, o mențenanță care ar presupune schimbarea periodică a tuturor acestor garnituri ar trebui efectuată de personal specializat. În aceste condiții, se pot estima costuri ridicate cu întreținerea.

- O situație foarte periculoasă se poate produce în perioada de stagnare totală respectiv atunci când nu există consum și nu se preia căldură de la tubul termic, iar aceasta coincide cu o perioadă de radiație solară intensă. În această situație, luând în considerare modalitatea de etanșare la trecerea tubului termic prin carcasa schimbătorului de căldură, se poate anticipa o distrugere rapidă a garniturilor de etanșare datorită temperaturilor foarte mari care se produc în asemenea cazuri și respectiv scoaterea prematură din uz a colectorului solar.

De asemenea, se mai cunoaște invenția **US4217882** cu titlul „Passive solar heat collector”, care constă dintr-un colector solar cu tub termic de tip umed și conform căreia prin intermediul unui tub termic al căruia condensator este introdus într-un recipient izolat este încălzită o cantitate de apă conținută în acel rezervor.

La acest tip de colector solar, cu schimbător de căldură de tip umed, se pot distinge câteva dezavantaje:

- Datorită existenței rezervorului de acumulare, greutatea totală a colectorului solar este mare fapt care impune anumite restricții în ceea ce privește locul de montaj. Spre exemplu, în eventualitatea montării pe acoperișuri, trebuie ținut cont de structura de rezistență a acoperișului, care poate fi suprasolicitată.

- Imersarea condensatorului aferent tubului termic în interiorul lichidului din rezervor elimină rezistența termică de contact specifică schimbătoarelor de căldură uscate dar în același timp, datorită modului cum se realizează transferul termic la acest tip de schimbător de căldură, apar probleme în ceea ce privește timpul de încălzire al lichidului din rezervor. Transferul termic se realizează mai lent datorită circulației naturale care are loc în interiorul recipientului, iar timpul de încălzire al lichidului este mai mare decât în cazul situațiilor în care circulația are loc forțat.

- La acest tip de colector solar, datorită faptului că rezervorul de acumulare este unitar cu zona de colectare de radiații solare, nu se poate folosi în perioadele cu temperaturi negative în principal datorită pericolului de îngheț a apei din rezervor.

Se cunoaște invenția **US20110203572A1** denumită "Solar heating system with overheating protection" care constă dintr-un schimbător de căldură care ocolește parțial sau total colectorul solar în perioada de stagnare, reducând temperatura instalației de acumulare a energiei solare prin disiparea în atmosferă.

Stoparea temperaturii de supraîncălzire care apare în perioadele de stagnare prin ocolirea parțială sau totală a colectorului solar printr-un schimbător de căldură extern aşa cum este prezentat în invenția de mai sus, are dezavantajul creșterii costurilor odată cu introducerea acestui schimbător de căldură extern, care este un schimbător de tipul apă-aer. De asemenea, prin ocolirea colectorului solar se protejează de supraîncălzire doar instalația de acumulare a energiei solare. În situația în care colectorul solar este ocolit în totalitate, acesta rămâne expus la supraîncălzire și respectiv la deteriorare datorită reducerii sau opririi circulației de agent solar prin schimbătorul de căldură aferent colectorului solar.

Se mai cunoaște invenția **CA2712003A1** denumită "Temperature control for a solar collector" prin care temperatura de stagnare este redusă cu ajutorul unor scuturi care se poziționează, acționate fiind de un mecanism, în fața panoului solar și astfel reducând radiația solară propagată asupra colectorului solar respectiv reducând temperatura de stagnare.

Realizarea protecției la supraîncălzire prin interpunerea unor scuturi care să oprească propagarea radiației solare spre colectorul solar prezintă dezavantajul că mecanismul de comandă aferent acestor scuturi necesită o întreținere calificată iar în perioadele de iarnă mecanismul respectiv scuturile se pot bloca datorită zăpezii sau gheții care inevitabil se vor depune pe suprafețele colectorului. De asemenea, construcția este suficient de complicată astfel încât să se ajungă la costuri de realizare substanțiale.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în realizarea unui colector de energie solară, utilizând schimbătoare de căldură cu tub termic, care să realizeze captarea și transferul unui flux termic superior, raportat la suprafața expusă la radiații solare, iar în același timp să permită conversia radiației solare în căldură, cu un randament termic ridicat, să fie eficient în condiții de radiații solare reduse și să poată funcționa în condiții de siguranță în perioadele cu radiații solare intense, permitând o flexibilitate în exploatare.

Colectorul solar de înaltă eficiență cu tuburi termice, conform invenției, elimină dezavantajele de mai sus prin aceea că este alcătuit prin conectarea hidraulică a unor baterii termice realizate fiecare din ansamblu metalice de câte patru schimbătoare de căldură de tip umed și câte un schimbător de căldură de tip țeavă în țeavă, cu rol de regulator termic. Fiecare schimbător de căldură de tip umed este realizat prin sudarea elementelor adiacente ale unor piese metalice constând în segmente tubulare, coturi, reducții, ramificații de tip "T" astfel încât să formeze o carcăsă compactă cu intrare și ieșire respectiv care să conțină încorporat etanș câte un condensator aferent unui tub termic, în jurul căruia se regăsește câte o spirală cu rol de promotor de turbulență. În spațiul central, rezultat din montajul pachetului de schimbătoare de căldură astfel realizate, se află poziționat un alt schimbător de căldură din metal, de tip țeavă în țeavă, construit de asemenea prin conectarea sudată a unor elemente constând în reducție, tronson de legătură, capac și având intrarea și ieșirea realizate cu ajutorul unei piese ramificate de tip "T". Construcția coaxială de tip țeavă în țeavă se termină în partea opusă intrării și ieșirii cu o zonă de întoarcere a fluidului, constituită dintr-un montaj de forma unui bulb, care se află în contact termic cu tuburile termice respectiv cu o manta de transmisie a căldurii. Zona de contact termic dintre schimbătorul de căldură de tip țeavă în țeavă și tuburile termice respectiv mantaua metalică de transmisie a căldurii, se realizează pe o lungime echivalentă cu înălțimea corespunzătoare unui volum de 20% din volumul total al tubului termic, adică exact în porțiunea inferioară unde se acumulează lichidul pe baza căruia funcționează procesul de vaporizare-condensare din tubul termic.

Pentru a realiza un transfer de căldură intens, în care influența modificării regimului de curgere la trecerea pe lângă elementele generatoare de căldură (condensatoarele tuburilor termice) cât și a modificărilor hidrodinamice din colectorul solar să fie minimală, curgerea fluidului prin circuitul primar respectiv prin succesiunea de schimbătoare de căldură de tip umed se realizează alternant, în echicurent și în contracurent, iar condițiile de turbulență sunt asigurate de promotori de turbulență de formă spiralată.

Forma cilindrică a schimbătorului de căldură de tip umed cât și forma circulară a canalelor de legătură dintre schimbătoarele de căldură, în prezența promotorilor de turbulență, favorizează o curgere pe o direcție elicoidală, care se menține pe parcursul întregului circuit primar, constituit prin inserierea schimbătoarelor de căldură de tip umed, astfel încât transferul de căldură se desfășoară în condiții optime pentru acest tip de schimbător de căldură. Modalitatea de construcție a acestui schimbător de căldură de tip umed, îmbină avantaje unui transfer de căldură nemijlocit (preluând fluxul termic de la peretele condensatorului tubului termic la stratul limită al fluidului, fără interpunerea altor medii care să creeze rezistențe termice împotriva propagării căldurii), prin convecție în regim de curgere turbulent, cu avantajul posibilității constituirii în baterii realizate din mai multe schimbătoare de căldură de tip umed. Construcția sudată a acestui tip de schimbător de căldură elimină necesitatea intervenției în regim de menenanță respectiv posibilitatea de apariție a unor neetanșeități cauzate de condițiile de funcționare solicitante. În egală măsură, faptul că aceste baterii termice sunt realizate prin sudarea elementelor componente, face posibilă introducerea colectoarelor solare de acest tip în circuite care se află sub presiune ridicată. Datorită pieselor din care este alcătuit, acest tip de colector solar are o greutate specifică redusă și nu exercită o suprasolicitare a structurii de rezistență aferente zonei unde este poziționat.

Deși fluxul termic preluat de o baterie termică, crește proporțional cu numărul de schimbătoare de căldură dintr-o baterie, limitarea la patru tuburi termice respectiv la două perechi de schimbătoare de căldură de tip umed s-a făcut din considerentul că tuburile vidate din sticlă borosilicată în mod uzual au diametrul interior de 47 mm, dimensiune care permite introducerea unui pachet format din patru tuburi termice împreună cu mantaua metalică de transfer termic și respectiv un schimbător de căldură de tip țeavă în țeavă, cu bulbul aferent.

Datorită modului versatil de realizare a bateriilor termice, se pot construi diverse conexiuni hidraulice de tipul serie-paralel, în funcție de scopul urmărit. Astfel, în cazul în

care se urmărește creșterea performanțelor în perioadele cu radiații solare reduse, tuburile termice aflate în planul secund față de suprafața expusă la radiații solare, sunt inseriate și formează un circuit de preîncălzire iar tuburile termice aflate în primul plan formează un al doilea circuit în care fluidul solar intră preîncălzit și respectiv ieșă cu o temperatură mai mare. În cazul în care se urmărește creșterea debitului prin colectorul solar astfel încât să poată fi crescut necesarul termic, tuburile termice aflate în planul secund față de suprafața expusă la radiații solare sunt inseriate și formează un prim circuit, care este conectat în paralel cu al doilea circuit, format din inserierea tuburilor termice aflate în primul plan de expunere la radiații solare.

În funcție de temperatura de la ieșire din colectorul solar, schema hidraulică astfel realizată se poate adapta, permitând funcționarea în diferite situații distințe. O situație particulară, în care colectorul solar funcționează în condiții caracterizate de o radiație solară redusă, când temperatura fluidului solar la ieșire din circuitul primar este mai mică decât valoarea minimă pe care trebuie să o asigure colectorul solar, se recirculă o parte din fluidul solar de la ieșire din colectorul solar, prin circuitul secundar realizat din schimbătoarele de căldură de tip țeavă în țeavă și retur în aspirația pompei de circulație care deservește instalația solară. Fluidul solar recirculat în acest mod, este încălzit cu ajutorul unui încălzitor electric cu scopul de a intensifica ciclul de vaporizare-condensare din interiorul tubului termic respectiv de a intensifica fluxul termic transportat la fluidul solar. Intensificarea ciclului de vaporizare-condensare se produce datorită creșterii temperaturii, cu ajutorul încălzitorului electric, în zona de contact termic dintre tubul termic și bulbul realizat la capătul schimbătorului de căldură de tip țeavă în țeavă.

O situație de funcționare obișnuită, în care colectorul solar funcționează în condiții caracterizate de o radiație solară normală iar temperatura la ieșire din colector se află în limitele cerute de procesul de furnizare a agentului termic, circulația fluidului solar se realizează prin circuitul primar, respectiv prin schimbătoarele de căldură de tip umed iar circuitul secundar se află în stare izolată.

O altă situație particulară, în care colectorul solar funcționează în condiții caracterizate de o radiație solară intensă, care poate să coincidă și cu o lipsă de cerere de agent termic, iar temperatura fluidului solar la ieșire din circuitul primar devine mai mare decât valoarea maximă pe care trebuie să o asigure colectorul solar în condiții de siguranță, se recirculă o

parte din fluidul solar de la intrare în colectorul solar, prin schimbătoarele de căldură de tip țeavă în țeavă și retur în aspirația pompei de circulație care deservește instalația solară. Fluidul solar recirculat în acest mod, răcește zona de contact termic dintre tubul termic și bulbul realizat la capătul schimbătorului de căldură de tip țeavă în țeavă iar prin aceasta se estompează ciclul de vaporizare-condensare din interiorul tubului termic și respectiv se reduce fluxul termic transportat spre fluidul solar.

Colectorul solar de înaltă eficiență cu tuburi termice, conform invenției, prezintă următoarele avantaje:

- funcționare eficientă inclusiv în condiții de radiații solare reduse;
- funcționare sigură inclusiv în condiții de expunere la radiații solare intense;
- randament superior față de colectoarele solare existente;
- raportat la aceeași suprafață expusă la radiațiile solare, preia un flux termic superior față de colectoarele solare existente;
- exploatare și întreținere ușoară inclusiv în perioadele cu temperaturi negative;
- poate fi integrat în cicluri termodinamice pe post de vaporizator;
- poate fi construit într-o gamă variată de tipodimensiuni, permitând realizarea de conexiuni hidraulice de tip serie-paralel, în funcție de parametrii pe care trebuie să îi asigure;

Se dă, în continuare, un exemplu de realizare a invenției, în legătură cu fig. 1, 2, 3, 4 și 5 care reprezintă:

- Fig.1. Vedere baterie termică colector solar;
- Fig.2. Schemă hidraulică colector solar în varianta de bază;
- Fig.3. Schemă hidraulică colector solar în varianta pentru radiații solare reduse;
- Fig.4. Schemă hidraulică colector solar în varianta pentru debit mărit;
- Fig.5. Vedere montaj baterii termice colector solar;

Colectorul solar de înaltă eficiență cu tuburi termice, conform invenției, este alcătuit din baterii termice (conform fig.1) realizare fiecare din ansamblu metalic de câte patru schimbătoare de căldură de tip umed și câte un schimbător de căldură de tip țeavă în țeavă. Fiecare schimbător de căldură de tip umed este confecționat prin îmbinarea sudată a unor elemente de prelungire (1), coturi (2) cât și a subansamblelor, realizate de asemenea prin sudarea elementelor adiacente, compuse din condensatorul unui tub termic (TT), în jurul căruia se află atașată o spirală (3), cu rol de promotor de turbulență, o piesă tronconică de închidere (4) și o piesă (5) de tip "T". În spațiul central, rezultat din montajul pachetului de schimbătoare de căldură astfel realizate, se află poziționat un alt schimbător de căldură din metal, de tip țeavă în țeavă, construit prin conectarea sudată dintre o cămașă exterioară (6), o piesă tronconică (7), un element de legătură cu diametrul majorat (8), un capac (9) și având intrarea și ieșirea realizate cu ajutorul unei piese (10) de tip "T", de care este atașat la interior un tub central (11), iar la exterior un cot (12). Pachetul rezultat prin alăturarea segmentelor de vaporizare aferente tuburilor termice, cu partea inferioară a schimbătorului de căldură de tip țeavă în țeavă și cu o manta metalică profilată (13), formează un grup compact aflat în contact termic, care este introdus într-un tub de sticlă borosilicată cu pereți dubli (14), spațiul dintre pereți fiind vidat și având rolul de izolator termic și de absorbant de radiații solare. Bateriile termice realizate conform celor de mai sus se conectează hidraulic între ele (conform fig.2), astfel încât vor rezulta un circuit principal, cu rol de preluare a căldurii de la sursa caldă și un circuit secundar, cu rol de regulator termic. Pe circuitul principal, bateriile se vor conecta prin intermediul elementelor de legătură (15), pe intrare, al elementelor de legătură (16) pe ieșire și intermediar prin tronsonului de legătură (17) iar pe circuitul secundar se vor conecta prin intermediul elementelor de legătură (18), pe intrare și al elementelor de legătură (19) pe ieșire. Așa cum se poate observa din varianta constructivă din figura 2, pe circuitul primar se mai regăsesc un ventil de descărcare termică (V<sub>t</sub>), un ventil electric (V<sub>e</sub>) și un încălzitor electric (IE). În funcție de temperatura de la ieșire din colectorul solar, schema hidraulică astfel realizată permite funcționarea în trei situații distințe.

În situația în care colectorul solar funcționează în condiții caracterizate de o radiație solară redusă, posibilitate care poate fi datorită unei perdele de nori sau perioadei de răsărit sau asfințit, când temperatura fluidului solar la ieșire din circuitul primar este mai mică decât valoarea minimă pe care trebuie să o asigure colectorul solar, prin deschiderea ventillului electric (V<sub>e</sub>) și având ventilul de descărcare termică (V<sub>t</sub>) închis, o parte din fluidul solar de la

ieșire din colectorul solar este dirijată, datorită diferenței de presiune, prin circuitul secundar format din schimbătoarele de căldură de tip țeavă în țeavă, în aspirația pompei de circulație (PC). Prin cuplarea încălzitorului electric (IE), fluidul solar recirculat începe să crească temperatura în zona de contact termic dintre schimbătorul de căldură de tip țeavă în țeavă și partea de vaporizare aferentă tuburilor termice. Zona de contact termic dintre schimbătorul de căldură de tip țeavă în țeavă și tuburile termice respectiv mantaua metalică profilată (13), se realizează pe o lungime echivalentă cu înălțimea corespunzătoare unui volum de 20% din volumul total al tubului termic, adică exact în porțiunea inferioară unde se acumulează lichidul pe baza căruia se desfășoară procesul de vaporizare-condensare respectiv de transfer termic în tubul termic. Odată cu creșterea temperaturii în zona de contact termic cu tuburile termice, se intensifică ciclul de vaporizare-condensare din interiorul tubului termic respectiv se intensifică fluxul termic transportat la fluidul solar. Schema hidraulică se menține în această configurație până în momentul când se depășește temperatura minimă necesară, la ieșire din colectorul solar, moment în care circuitul revine în forma normală de funcționare prin deconectarea încălzitorului electric (IE) și închiderea ventilului electric (Ve). În egală măsură, circuitul de încălzire poate fi utilizat și în situații cu temperaturi exterioare negative respectiv pentru a prevenii înghețul instalației în condițiile în care în circuit nu este introdusă soluție antiîngheț. În asemenea situații, cu temperaturi exterioare negative, se va realiza o recirculație prin circuitul secundar, similară celei descrise mai sus, până în momentul în care temperatura la ieșire din colectorul solar atinge o valoare pozitivă care să preîntâmpine înghețul și deteriorarea instalației solare.

În situația în care colectorul solar funcționează în condiții caracterizate de o radiație solară normală iar temperatura la ieșire din colector se află în limitele cerute de procesul de furnizare a agentului termic, circulația fluidului solar se realizează prin circuitul primar, respectiv prin schimbătoarele de căldură de tip umed iar circuitul secundar se află în stare de aşteptare, cu încălzitorul electric (IE) deconectat, ventilul electric (Ve) închis și ventilul de descărcare termică (Vt) închis.

În situația în care colectorul solar funcționează în condiții caracterizate de o radiație solară intensă, care poate să coincidă și cu o lipsă de cerere de agent termic, iar temperatura fluidului solar la ieșire din circuitul primar devine mai mare decât valoarea maximă pe care trebuie să o asigure colectorul solar în condiții de siguranță, se deschide progresiv ventilul de descărcare termică (Vt), ventilul electric (Ve) rămânând închis, iar o parte din fluidul solar de

la intrare în colectorul solar este dirijată progresiv, datorită diferenței de presiune, prin circuitul secundar format din schimbătoarele de căldură de tip țeavă în țeavă, în aspirația pompei de circulație (PC). Fluidul solar astfel recirculat începe să scadă progresiv temperatura în zona de contact termic dintre schimbătorul de căldură de tip țeavă în țeavă și partea de vaporizare aferentă tuburilor termice. Odată cu scăderea progresivă a temperaturii în zona de contact termic cu tuburile termice, se atenuază ciclul de vaporizare-condensare din interiorul tubului termic respectiv se reduce treptat fluxul termic transportat la fluidul solar. Schema hidraulică rămâne în acest regim până în momentul când temperatura la ieșire din colectorul solar scade sub valoarea maximă de siguranță, moment în care circuitul revine automat în forma normală de funcționare prin închiderea treptată a ventilului de descărcare termică (Vt).

Pentru a realiza un transfer de căldură intens, în care influența modificării regimului de curgere la trecerea pe lângă elementele generatoare de căldură cât și a modificărilor hidrodinamice din colectorul solar să fie minimală, curgerea fluidului prin circuitul primar respectiv prin succesiunea de schimbătoare de căldură de tip umed se realizează alternant, în echicurent și în contracurent, iar condițiile de turbulență sunt asigurate de spirala (3). Forma cilindrică a schimbătorului de căldură de tip umed, dată de piesa (5) de tip "T" și de elementul de prelungire (1) cât și forma circulară a canalelor de legătură dintre schimbătoarele de căldură dată de coturile (2), în prezența spiralei (3), favorizează o curgere centrifugală pe o direcție elicoidală, care se menține pe parcursul întregului circuit primar, astfel încât transferul de căldură se desfășoară în condiții optime pentru acest tip de schimbător de căldură. Modalitatea de construcție a acestui schimbător de căldură de tip umed, îmbină avantaje unui transfer de căldură nemijlocit (preluând fluxul termic de la peretele condensatorului tubului termic la stratul limită al fluidului, fără interpunerea altor medii care să creeze rezistențe termice împotriva propagării căldurii), prin convecție în regim de curgere turbulent, cu avantajul posibilității constituirii în baterii realizate din mai multe schimbătoare de căldură de tip umed. Construcția sudată a acestui tip de schimbător de căldură elimină necesitatea intervenției în regim de menenanță respectiv posibilitatea de apariție a unor neetanșeități cauzate de condițiile de funcționare solicitante. În egală măsură, faptul că aceste baterii termice sunt realizate prin sudarea elementelor componente, face posibilă introducerea colectoarelor solare de acest tip în circuite care se află sub presiune ridicată. Datorită posibilității de a funcționa la presiuni ridicate cât și datorită particularităților constructive descrise mai sus, care sporesc eficiența colectorului solar, în condițiile în care se prevăd și

concentratori solari (oglinzi parabolice montate în partea posterioară a colectorului solar astfel încât să reflecte razele solare înspre axa focală unde se va poziționa câte o baterie termică), parametrii la ieșire din colectorul solar pot fi majorați astfel încât să poată funcționa în cicluri termodinamice, cu funcție de vaporizator.

Colectorul solar cu tuburi termice a fost realizat fizic, conform cu descrierea de mai sus, în varianta constructivă prezentată în figura 1. Limitarea la patru tuburi termice respectiv la două perechi de schimbătoare de căldură de tip umed, s-a datorat posibilităților restrânse de achiziționare a tuburilor vidate de sticlă borosilicată, dimensiunea standard uzuală a diametrului interior al acestor tuburi de sticlă fiind de 47 mm. Din acest punct de vedere, în condițiile în care se produc tuburi vidate de sticlă borosilicată cu diametrul interior de dimensiuni superioare celor uzuale, este posibilă tehnic alcătuirea de baterii termice cu mai multe perechi de schimbătoare de căldură cu tuburi termice. În varianta realizată cu baterii termice din patru schimbătoare de căldură conform fig.1, s-a reușit punerea în evidență, atât la nivel teoretic cât și practic, a faptului că fluxul termic preluat de o baterie termică, crește proporțional cu numărul de schimbătoare de căldură dintr-o baterie. Astfel, în aceleași condiții de expunere la radiații solare, fluxul termic preluat de colectorul solar crește proporțional cu numărul de baterii termice din care este alcătuit.

Datorită modului versatil de realizare a bateriilor termice, se pot construi diverse conexiuni hidraulice de tipul serie-paralel, în funcție de scopul urmărit. Astfel, în figura 3 este prezentată o altă variantă de montaj, în care s-a urmărit eficientizarea colectorului solar astfel încât acesta să poată realiza performanțe mai bune în perioadele cu radiații solare reduse. Așa cum se poate observa în figura 3, tuburile termice aflate în planul secund față de suprafața expusă la radiații solare, sunt inseriate și formează un circuit de preîncălzire iar tuburile termice aflate în primul plan formează un al doilea circuit în care fluidul solar intră preîncălzit și respectiv ieșă cu o temperatură mai mare. Într-o altă variantă constructivă (prezentată în figura 4), s-a urmărit creșterea debitului prin colectorul solar astfel încât să poată fi crescut necesarul termic. Așa cum se poate observa din figura 4, tuburile termice aflate în planul secund față de suprafața expusă la radiații solare, sunt inseriate și formează un prim circuit, care este conectat în paralel cu al doilea circuit, format din inserierea tuburilor termice aflate în primul plan de expunere la radiații solare. În ambele variante constructive, circuitul secundar realizat prin inserierea schimbătoarelor de căldură de tip țeavă în țeavă, va avea același rol, de regulator termic, a cărui funcționare a fost descrisă mai sus.

## REVENDICĂRI

1. Colector solar de înaltă eficiență cu tuburi termice, care are în componență schimbătoare de căldură de tip umed, cu tuburi termice, ce conțin promotori de turbulență, schimbătoare de căldură de tip țeavă în țeavă cât și elemente standardizate constând în coturi, ramificații, reducții, dopuri, țeavă și tuburi vidate din sticlă borosilicată, cu suprafață absorbantă de radiații solare, **caracterizat prin aceea că**, pentru a obține un randament ridicat, este alcătuit din niște baterii termice (conform fig.1) formate fiecare din ansamblu metalice de câte patru schimbătoare de căldură de tip umed, confecționate prin îmbinarea sudată a elementelor de prelungire (1), coturilor (2) cât și a subansamblelor, realizate de asemenea prin sudarea elementelor adiacente, compuse din condensatorul unui tub termic (TT), în jurul căruia se află atașată o spirală (3), cu rol de promotor de turbulență, o piesă tronconică de închidere (4) și o piesă (5) de tip "T" iar în spațiul central, rezultat din montajul pachetului de schimbătoare de căldură astfel realizate, se află poziționat un alt schimbător de căldură din metal, de tip țeavă în țeavă, construit prin conectarea sudată dintre o cămașă exterioară (6), o piesă tronconică (7), un element de legătură cu diametrul majorat (8), un capac (9) și având intrarea și ieșirea realizate cu ajutorul unei piese (10) de tip "T", de care este atașat la interior un tub central (11), iar la exterior câte un element de legătură (18 și 19) și un cot (12) iar pachetul rezultat prin alăturarea segmentelor de vaporizare aferente tuburilor termice, cu partea inferioară a schimbătorului de căldură de tip țeavă în țeavă și cu o manta metalică profilată (13), formează un grup compact aflat în contact termic, care este introdus într-un tub de sticlă borosilicată cu pereți dubli (14), spațiul dintre pereți fiind vidat și având rolul de izolator termic și de absorbant de radiații solare.

2. Colector solar de înaltă eficiență cu tuburi termice, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, pentru a obține o etanșare a schimbătorului de căldură de tip umed, care să nu necesite menenanță, să reziste la presiuni ridicate și să fie durabilă în timp, o piesă tronconică de închidere (4) este sudată de tubul termic (TT) iar subansamblul astfel constituit este sudat de o piesă (5) de tip „T” iar apoi de o piesă de prelungire (1) și de un cot (2), formând astfel un ansamblu nedemontabil.

3. Colector solar de înaltă eficiență cu tuburi termice, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, pentru a realiza un transfer de căldură intens, în care influența modificării regimului de curgere la trecerea pe lângă elementele generatoare de căldură cât și

a modificărilor hidrodinamice din colectorul solar să fie minimală, curgerea fluidului prin succesiunea de schimbătoare de căldură de tip umed dintr-o baterie termică se realizează alternant, în echicurent și în contracurent, iar condițiile de turbulentă asigurate de spirala (3) sunt amplificate la trecerea dintr-un schimbător de căldură în altul atât prin forma cilindrică a schimbătorului de căldură cât și prin forma circulară a canalelor de legătură dintre schimbătoarele de căldură, care favorizează o curgere centrifugală pe o direcție elicoidală.

4. Colector solar de înaltă eficiență cu tuburi termice, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, în centrul fiecărui pachet de schimbătoare de căldură de tip umed, cu tuburi termice, este introdus un schimbător de căldură de tip țeavă în țeavă.

5. Colector solar de înaltă eficiență cu tuburi termice, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, se poate realiza și în variante constructive care au în componență baterii termice formate din ansamble de 1, 3 sau chiar mai multe perechi de schimbătoare de căldură de tip umed conectate hidraulic între ele, montajele cu mai mult de 2 perechi presupunând însă majorări ale diametrului interior al tuburilor vidate din sticlă borosilicată, valoarea standard fiind de 47 mm.

6. Colector solar de înaltă eficiență cu tuburi termice, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, bateriile de schimbătoare de căldură de tip umed sunt conectate hidraulic între ele (conform fig.2) formând un circuit principal cu rol de preluare a căldurii de la sursa caldă, constituită din condensatoarele tuburilor termice și un circuit secundar, realizat prin conectarea hidraulică a schimbătoarelor de căldură de tip țeavă în țeavă, astfel încât să formeze un circuit cu rol de regulator termic.

7. Colector solar de înaltă eficiență cu tuburi termice, conform revendicărilor 1 și 6, **caracterizat prin aceea că**, bateriile de schimbătoare de căldură de tip umed se pot integra și în variante constructive grupate hidraulic (conform fig.3) astfel încât, câte două schimbătoare de căldură care fac parte din aceeași baterie, să fie inseriate pe un circuit principal, formând un traseu de ducere, iar alte două perechi care aparțin aceleiași baterii să fie inseriate pe un alt doilea circuit principal, formând un traseu de întoarcere și împreună, cele două circuite principale, formând împreună un traseu primar prin racordarea lor la capătul de ieșire respectiv de intrare corespunzătoare celor două circuite principale, în timp ce circuitul secundar, cu rol de regulator termic, se constituie prin inserierea succesivă a schimbătoarelor de căldură de tip țeavă în țeavă.

8. Colector solar de înaltă eficiență cu tuburi termice, conform revendicărilor 1 și 6, **caracterizat prin aceea că**, pentru a crește debitul de fluid solar prin colectorul solar, bateriile de schimbătoare de căldură de tip umed se pot integra și în variante constructive grupate hidraulic (conform fig.4) astfel încât, câte două schimbătoare de căldură care fac parte din aceiași baterie, să fie inseriate pe un circuit principal, iar alte două schimbătoare de căldură care aparțin aceleiași baterii să fie inseriate pe un al doilea circuit principal, cele două circuite principale conectându-se în paralel la intrare și ieșire, în timp ce circuitul secundar, cu rol de regulator termic, se constituie prin inserierea succesivă a schimbătoarelor de căldură de tip țeavă în țeavă.

9. Colector solar de înaltă eficiență cu tuburi termice, **caracterizat prin aceea că**, pentru a funcționa eficient în situații limită, are integrat în niște baterii termice un schimbător de căldură de tip țeavă în țeavă care este prevăzut în partea inferioară, la zona de întoarcere a fluidului în schimbătorul de căldură, cu un bulb metalic cu diametru majorat, constituit din alăturarea prin sudare a unui capac (9), cu un element de legătură (8) și cu un element tronconic (7) iar montajul se află în contact termic cu partea de vaporizare a tuburilor termice și cu mantaua metalică profilată (13) de îmbunătățire a transferului termic, pe o lungime echivalentă cu înălțimea corespunzătoare unui volum de 20% din volumul total al tubului termic, adică exact în porțiunea inferioară unde se acumulează lichidul pe baza căruia funcționează procesul de vaporizare-condensare din tubul termic.

10. Colector solar de înaltă eficiență cu tuburi termice, conform revendicării 9, **caracterizat prin aceea că**, pentru a funcționa în condiții de siguranță în perioadele cu radiație solară intensă care se suprapun și cu un consum redus sau fără consum de agent termic, are prevăzut un circuit auxiliar de răcire, care împreună cu circuitul realizat prin conectarea hidraulică inseriată a schimbătoarelor de căldură de tip țeavă în țeavă (conform fig.2), care se află integrate în niște baterii termice, are rolul de a reduce procesul de vaporizare care are loc în tuburile termice, atunci când temperatura fluidului solar la ieșire din colectorul solar depășește o valoare maximă de siguranță, micșorând progresiv fluxul termic transportat de tuburile termice odată cu creșterea debitului de recirculare a unei părți din fluidul solar de la intrarea în colectorul solar, prin deschiderea progresivă comandată de funcționarea automată a ventilului de descărcare termică (Vt), iar apoi prin schimbătoarele de căldură de tip țeavă în țeavă inseriate și return în aspirația pompei de circulație (PC), procesul revenind în schemă normală prin reducerea progresivă automată până la stopare a debitului

recirculat prin ventilul de descărcare termică (Vt) odată cu restabilirea temperaturii la ieșire din colectorul solar la o valoare situată sub limita maximă de siguranță.

11. Colector solar de înaltă eficiență cu tuburi termice, conform revendicării 9, **caracterizat prin aceea că**, pentru a funcționa eficient și în perioadele cu radiație solară redusă, este prevăzut un circuit auxiliar de încălzire, care împreună cu circuitul realizat prin conectarea hidraulică înseriată a schimbătoarelor de căldură de tip țeavă în țeavă (conform fig.2), care se află integrate în niște baterii termice, are rolul de a intensifica procesul de vaporizare din tuburile termice atunci când temperatura fluidului solar la ieșire din colectorul solar are o valoare sub limita minimă cerută de procesul de furnizare a agentului termic, crescând progresiv fluxul termic transportat de tuburile termice odată punerea în funcție a încălzitorului electric (IE) și deschiderea ventilului comandat electric (Ve) respectiv realizarea unui debit de încălzire, cu ajutorul pompei de circulație (PC), prin circuitul format între ieșirea din colectorul solar, încălzitorul electric (IE), ventilul comandat electric (Ve), succesiunea de schimbătoare de căldură de tip țeavă în țeavă și return în aspirația pompei de circulație (PC), circuitul revenind automat la schemă normală de funcționare prin deconectarea încălzitorului electric (IE) și închiderea ventilului comandat electric (Ve) odată cu atingerea temperaturii minime cerute de proces la ieșirea din colectorul solar.

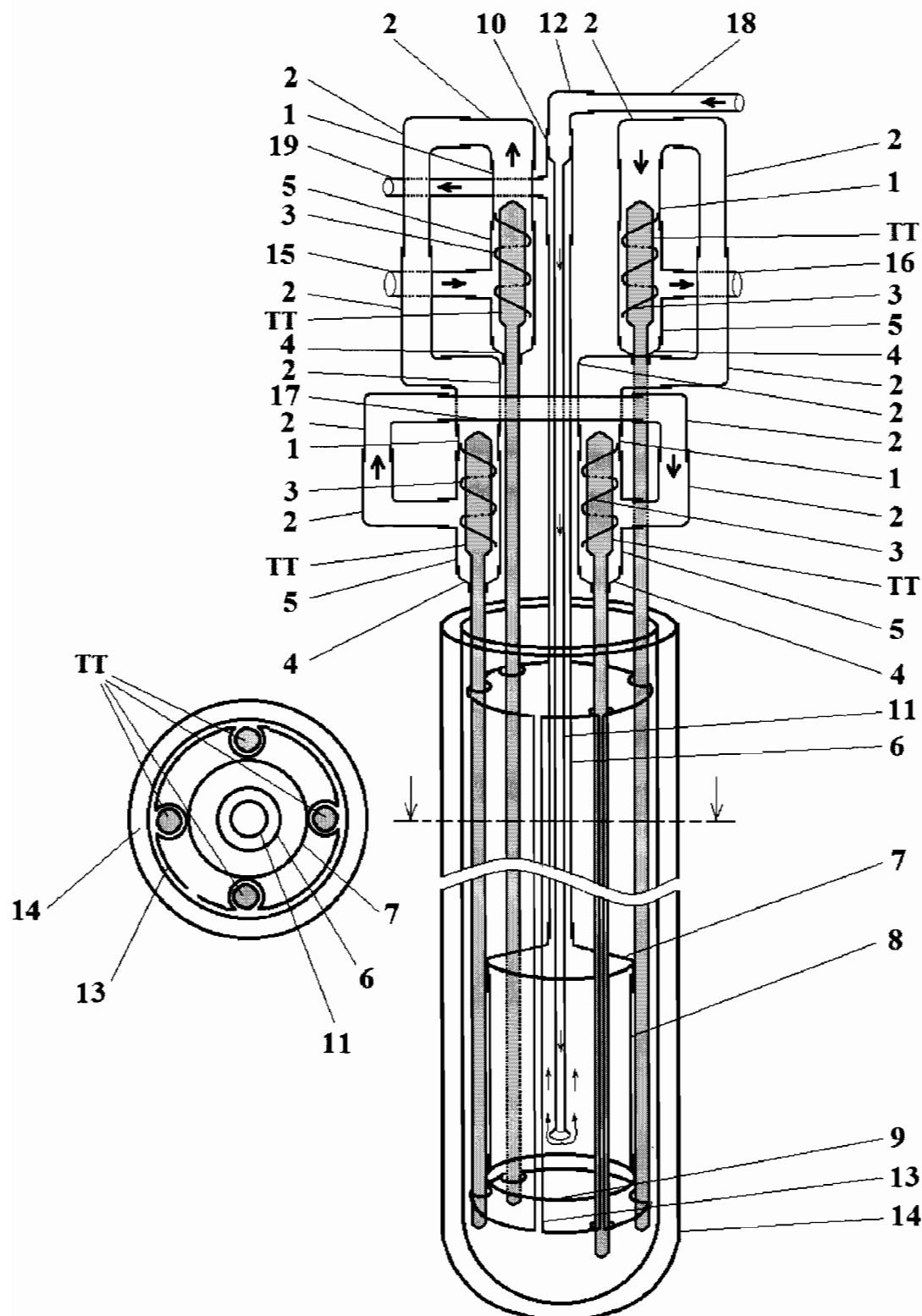


Fig. 1

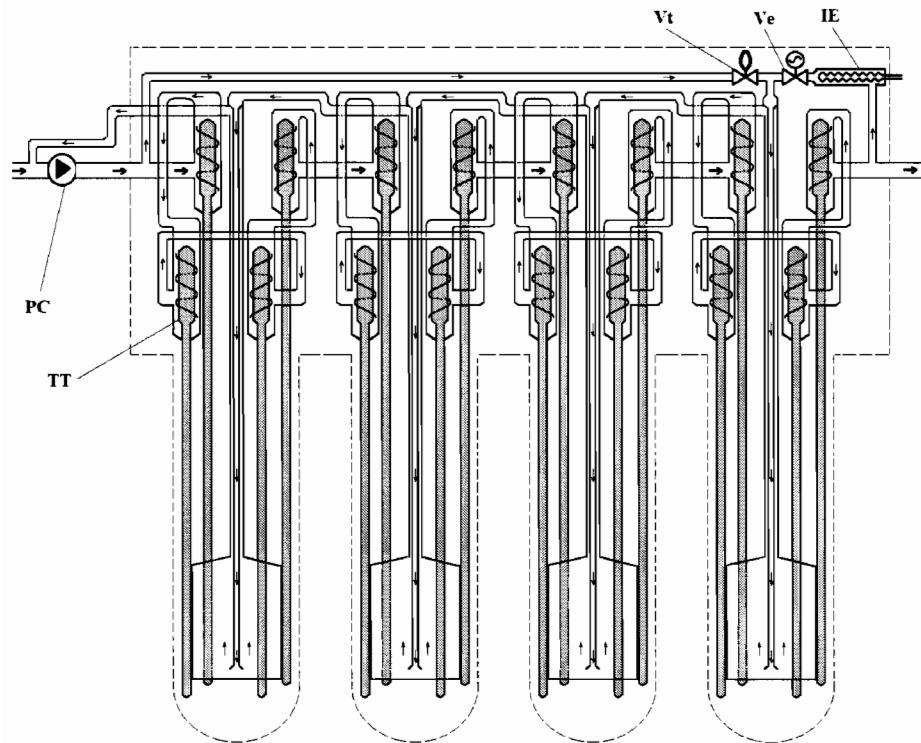


Fig. 2

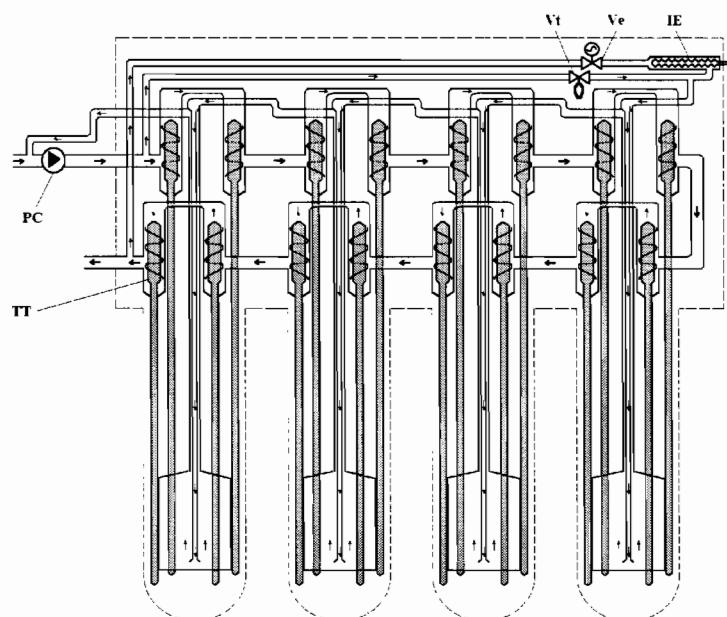


Fig. 3

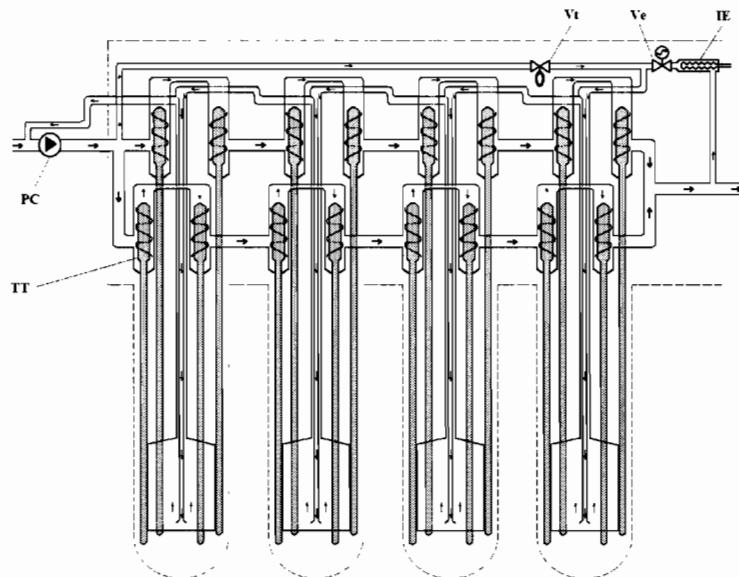


Fig. 4

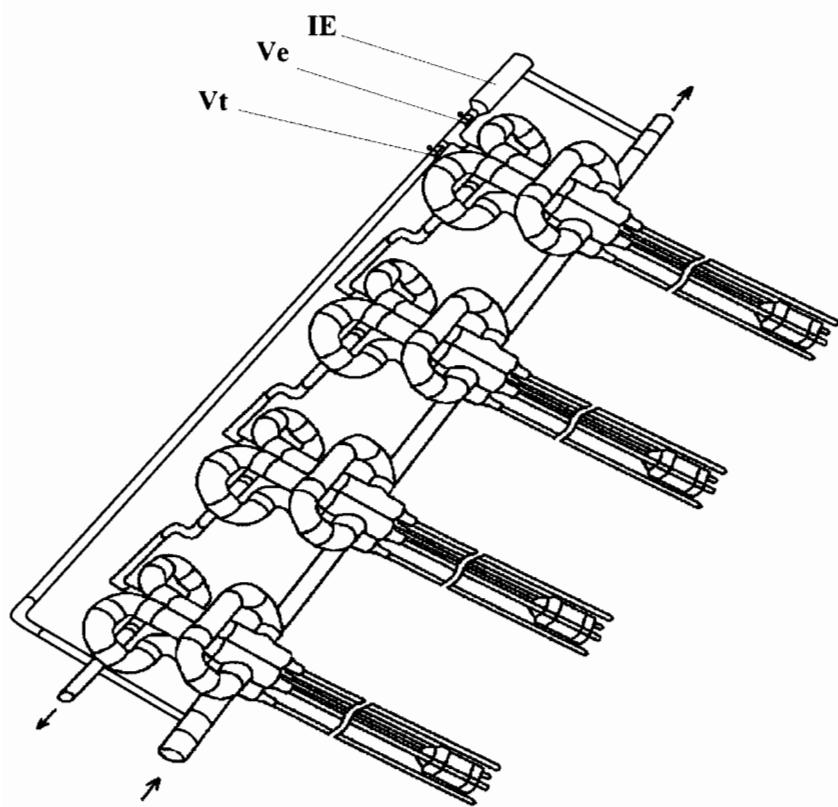


Fig. 5