



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2016 00324**

(22) Data de depozit: **09/05/2016**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/06/2020** BOPI nr. **6/2020**

(41) Data publicării cererii:
30/12/2016 BOPI nr. **12/2016**

(73) Titular:
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
INGINERIE ELECTRICĂ ICPE-CA,
SPLAIUL UNIRII NR.313, SECTOR 3,
BUCUREȘTI, B, RO**

(72) Inventatori:

• **MATEESCU CARMEN,
CALEA 13 SEPTEMBRIE NR.102, BL.48 A,
SC.1, ET.7, AP.26, SECTOR 5,
BUCUREȘTI, B, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:

**RO 108553 B; RO 111568 B1;
RO 125902 A0**

(54) **BIOREACTOR TUBULAR CU RECIRCULAREA PARȚIALĂ
A EFLUENTULUI LICHID**



RO 131563 B1

1 Prezenta invenție se referă la un bioreactor cu recircularea parțială a efluentului lichid,
de fermentare anaerobă, de construcție tubulară, semicompartimentat.

3 Invenția se aplică tratării anaerobe, în regim de temperatură mezofil (20...40°C), a apelor
uzate cu încărcare organică ridicată (>8000 mg/L consum biochimic de oxigen), provenite din
5 diferite sectoare economice, agroindustrie și ferme zootehnice, cu recuperarea biogazului și
valorificarea energetică a acestuia la nivel local, pentru asigurarea de gaz combustibil, agent
7 termic și energie electrică.

 Bioreactorul este realizat astfel încât să permită recircularea parțială a efluentului lichid
9 între cele două compartimente de fermentare, lichidul astfel recirculat fiind utilizat în dublu scop,
pe de o parte pentru diluarea materialului organic introdus în reactor, iar pe de altă parte pentru
11 suplimentarea masei bacteriene de tip inocul necesară accelerării și intensificării proceselor
fermentative.

13 Este cunoscut faptul că, dintre toate modalitățile de producere și utilizare a energiei din
surse regenerabile, tehnologia biogazului reprezintă o metodă eficientă de epurare și valori-
15 ficare a apelor uzate, care implică tehnologii simple, având la bază procesele naturale de fer-
mentare anaerobă ce se petrec în mod natural în natură, în zonele mlăștinoase, pe fundul mări-
17 lor, dar și în tractul digestiv al mamiferelor, permițând obținerea de produși valoroși (biogaz și
fertilizanți ecologici), cu costuri relativ scăzute, dacă se are în vedere strict adaptarea pro-
19 ceselor naturale la necesitățile locale. În principiu, procesul de fermentare anaerobă a deșeurilor
organice este atât de simplu încât poate fi aplicat oriunde în lume, iar multitudinea și larga
21 varietate de astfel de echipamente existente la nivel mondial dovedesc utilitatea și interesul
acordat acestui domeniu biotehnologic. Soluțiile tehnologice pentru acest proces relativ simplu
23 diferă considerabil de la o regiune la alta, după cum și costurile unor astfel de instalații variază
considerabil în funcție de tehnologiile adoptate. Forma și dimensiunea bioreactoarelor de fer-
25 mentare anaerobă este o opțiune specifică fiecărui proiect de dezvoltare în urma unor analize
concrete privind disponibilitatea de spațiu, materie primă, infrastructură, necesarul energetic
27 local.

 Sunt cunoscute o multitudine de concepte de bioreactoare anaerobe pentru valorificarea
29 energetică a nămolurilor organice și apelor uzate de diferite proveniențe, care au rezultat din
încercările de atenuare a dezavantajelor conceptelor dezvoltate anterior, și au condus la
31 dezvoltarea unor variante constructive diverse, în funcție de scopul principal pentru care se
implementează aceste biotehnologii (îmbunătățirea calității mediului, producerea de energie din
33 surse suplimentare, asigurarea necesarului energetic la nivel local în zone izolate, obținerea de
profituri bănești etc.). Diferențele constructive și funcționale dintre numeroasele tipuri de bio-
35 reactoare pentru producerea de biogaz sunt mari, iar motivele care determină construirea unor
astfel de sisteme sunt diferite, astfel că nu se poate permite o tipizare a acestor biotehnologii,
37 însă se pot dezvolta concepte îmbunătățite scopului pentru care sunt destinate. Diferențele
constructive între conceptele de bioreactoare existente la ora actuală se referă la aspecte
39 precum modul de alimentare a biomasei în bioreactor, forma geometrică a bioreactorului,
numărul de unități de fermentare utilizate, amplasarea pe teren, regimul de lucru etc.

41 Există reactoare orizontale tubulare cu secțiune circulară, în care masa organică este
alimentată la unul dintre capete și evacuată la partea opusă după ce aceasta parcurge lent un
43 traseu orizontal liniar. Cererea de brevet **US 20150068259 A1** descrie un astfel de bioreactor
tubular pentru metanizarea biomasei, și o metodă de operare a acestuia. Bioreactorul este
45 prevăzut cu o gură de alimentare și o gură de evacuare amplasate la capetele opuse ale
bioreactorului, iar procesul de fermentare este realizat în regim termofil, prin încălzirea masei
47 organice în vederea igienizării [1]. De asemenea, există și alte reactoare orizontale tubulare cu
secțiune circulară, în care masa organică este alimentată la unul dintre capete și evacuată la

RO 131563 B1

partea opusă după ce aceasta parcurge lent un traseu orizontal liniar, precum bioreactorul instalației de biogaz din Yubetsu, Hokkaido, care a fost construită ca parte componentă a unei instalații mai mari de procesare a deșeurilor, cu know-how furnizat de compania daneză Nordic Folkecenter for Renewable Energy [6].

Sunt cunoscute numeroase concepte de bioreactoare orizontale sau verticale, prevăzute cu diverse tipuri de sisteme de omogenizare mecanică a masei organice din interior. Amestecarea masei prezintă importanță deosebită pentru metanizarea nămolurilor vâscoase, uniformizând temperatura și concentrația în materii organice în masa reactorului, și măbind șansele de contact între microorganisme și substrat.

Cererea de brevet **US 20150315535 A1** prezintă un container de fermentare a substraturilor organice, dotat cu un omogenizator axial și unul sau mai multe dispozitive de alimentare, precum și unul sau mai multe dispozitive de evacuare a masei fermentate. Omogenizarea masei este realizată mecanic, o parte din energia generată în instalația de biogaz fiind utilizată în acest scop [2]. În brevetul **RO 114120 B1** este prezentată o instalație de biogaz de formă rectangulară, care tratează deșeurile atât aerob, cât și anaerob. Fermentarea aerobă se realizează într-un compartiment central prin oxigenarea materialului organic cu ajutorul unor racleți, după care acesta este dirijat cu ajutorul unui agitator mecanic acționat prin intermediul unor motoare electrice către două compartimente de fermentare anaerobă laterale, fiecare fiind prevăzute cu câte un agitator mecanic. [3]

În ceea ce privește numărul de camere de fermentare, numeroase brevete descriu instalații monofazice, care implică un singur bioreactor de fermentare necesar pentru ca microorganismele să consume substanțele organice din apele reziduale sau instalații bifazice, care separă activitatea microorganismelor fermentative specifice în două bioreactoare anaerobe distincte. Instalațiile monofazice sunt eficiente pentru stabilizarea nămolurilor rezultate din flotația apelor reziduale provenite din agricultură, în timp ce instalațiile bifazice sunt capabile să optimizeze etapele de fermentare din fiecare treaptă tehnologică în fermentatoare separate, având ca rezultat al acestei separări o eficiență și o cinetică a procesului în ansamblu mult îmbunătățite față de procedeele convenționale desfășurate într-o singură treaptă. Instalațiile bifazice sunt mai eficiente în ceea ce privește randamentul energetic, fiind dotate în general cu două reactoare distincte. Cererea de brevet **US 20150056676 A1** prezintă un sistem de fermentare anaerobă în două trepte de fermentare, care include două bioreactoare, unde în prima treaptă biogazul este generat într-un bioreactor care separă masa organică în două faze de sedimentare, o fază mai bogată în solide totale, iar alta mai apoasă, având o concentrație de solide totale mai scăzută. În cel de-al doilea bioreactor, biogazul îmbogățit în metan este generat din materialele fermentate în etapa de fermentare metanogenă [4]. De asemenea, brevetul suedez nr. 0900376-5/2009 prezintă un bioreactor de fermentare în două camere distincte, amplasate în bioreactor, prima cameră fiind destinată fermentării în regim mezofil, iar cea de-a doua în regim termofil, cele două camere comunicând în sensul că masa de fermentare este deversată din prima cameră în a doua cameră, acest transfer fiind asigurat prin intermediul unui agitator mecanic ce determină urcarea masei din prima cameră pe o pantă, de unde ajunge să fie deversată în camera a doua, de fermentare termofilă [5].

Sunt cunoscute numeroase soluții tehnice în care deșeurile și apele uzate sunt transportate la un rezervor de pre-colectare, după care sunt introduse în bioreactor prin intermediul unei stații speciale de pompare. Pentru gunoiul de grajd și alte nămoluri se utilizează pompe centrifugale, pompe de dizlocuire prin presiune, iar pentru materialele solide (paie, resturi vegetale) alimentarea se realizează cu ajutorul transportoarelor. De asemenea, numeroase concepte prezintă bioreactoare al căror perete este izolat termic, încălzit și menținut la temperatura procesului prin intermediul unor schimbătoare de căldură amplasate pe peretele incintei bioreactorului, încălzirea apei necesare transferului termic realizându-se prin arderea biogazului cogenerat în instalație [7].

RO 131563 B1

1 În ceea ce privește colectarea biogazului generat în bioreactor, acesta este acumulat
la partea superioară a bioreactorului, și colectat într-o cupolă gazometrică ce acoperă vasul
3 reactorului de fermentare. Alte instalații mai ieftine sunt dotate cu un gazometru separat de
corpul bioreactorului, sau cu clopot care plutește liber pe o manta de apă, asigurând astfel
5 reglarea presiunii din bioreactor și etanșeizarea instalației de biogaz.

Soluțiile tehnice menționate anterior prezintă numeroase dezavantaje, dintre care pot
7 fi subliniate următoarele:

- amplasarea gurilor de alimentare și evacuare la capetele opuse ale unui reactor tubular
9 reprezintă un dezavantaj atât din punct de vedere al infrastructurii, al economiei de amplasare
a componentelor instalației și manipulării masei de alimentare/evacuare, cât și din punct de
11 vedere al eficienței proceselor biochimice de descompunere a materialului organic, care
parcurge lungimea reactorului cu viteze determinate de rata de încărcare și evacuare. Acest
13 aspect indică faptul că, cu cât reactoarele tubulare au lungimi mai mari, cu atât eficiența de des-
compunere este mai ridicată, însă în optimizarea procesului intervin aspecte precum construirea
15 acestor reactoare de lungimi mari, transportul lor de la producător la locul de amplasare,
controlul temperaturii masei pe lungimea bioreactorului;

- bioreactoarele tubulare sau cilindrice cu capete drepte prezintă spații moarte în care
17 masa organică proaspătă poate fi reținută și ferită de curenții hidraulici de transport, deci devine
masă organică risipită și nedescompusă, reducând productivitatea de biogaz;

- dotarea reactoarelor cilindrice tubulare cu sisteme de omogenizare este consumatoare
21 de energie, deci eficiența energetică a instalației este mult diminuată. De asemenea, aceste agi-
tatoare mecanice sunt costisitoare, crescând costurile de fabricare și instalare ale bioreac-
23 toarelor;

- configurarea mai multor bioreactoare care să separe procesele de fermentare în faze
25 distincte, însă destinate aceluiași volum de masă organică de tratat ca și în cazul utilizării unui
bioreactor singular, oferă o descompunere cu maximum 20% mai eficientă a materialului
27 organic, și un biogaz de calitate superioară (îmbunătățire a concentrației de metan în biogaz
cu maximum 20%), însă implică și costuri de instalare și operare mult mai mari, care pot dubla
29 costul total al investiției, necesitând și personal suplimentar pentru operarea acestora;

- încălzirea masei organice pentru descompunere în regim termofil și în scop
31 de igienizare pentru materialele cu risc epidemiologic este consumatoare de energie, și nu
garantează o producție de biogaz îmbunătățită, populațiile de microorganisme fiind foarte diver-
33 sificate, unele fiind adaptate pentru creștere și multiplicare în regim mezofil, altele pentru regim
termofil, astfel că, pe lângă consumul energetic suplimentar, încălzirea masei poate duce la
35 distrugerea populațiilor active adaptate regimului mezofil, deci eficiența globală a proceselor
biochimice de producere de biogaz nu este semnificativ îmbunătățită. Se cunoaște faptul că
37 microorganismele metanogene mezofile sunt mult mai tolerante la schimbări de mediu (variații
de temperatură, aciditate, nutrienți) decât cele termofile, motiv pentru care bioreactoarele
39 mezofile sunt considerate a fi mai stabile decât cele termofile, deci sunt de preferat în optarea
pentru unul dintre cele două regimuri termice; [8]

- dotarea bioreactoarelor cu sisteme auxiliare de alimentare și evacuare a masei
41 organice, de tip pompe sau transportoare mecanizate, absolut necesare bioreactoarelor
43 verticale sau celor orizontale amplasate deasupra solului, este o soluție care crește semnificativ
costul investiției;

- sistemele de captare și colectare a biogazului care sunt cel mai frecvent utilizate, de
45 tip membrane flexibile, gazometre de inox, necesită spațiu suplimentar pentru amplasarea
47 acestora ca anexe distincte în imediata apropiere a bioreactorului. De asemenea, necesită
costuri semnificativ crescute de fabricare, indiferent de soluția adoptată, precum și consumuri

RO 131563 B1

energetice suplimentare pentru asigurarea aerului comprimat în membrana dublă, pentru crearea presiunii constante de circa 200 mm col. apă, necesare la utilizator. Toate aceste dotări auxiliare contribuie la creșterea costurilor de implementare și, implicit, la reducerea semnificativă a domeniilor de utilizare, instalațiile scumpe fiind exclusiv construite pentru obținerea de profituri bănești de către companiile investitoare, în timp ce numeroși alți potențial beneficiari din domeniul fermelor agrozootehnice, micilor industrii, utilizatorilor casnici, nu vor putea rezolva probleme de îmbunătățire a calității mediului și producere de energie (gaz combustibil, agent termic, electricitate) la nivel local.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă într-un reactor care asigură un grad de descompunere a compușilor organici îmbunătățit prin dublarea timpului de retenție a masei în mediu bacterian.

Modul de construcție (tubular, semicompartimentat, confecționat din fibră de sticlă) al bioreactorului de fermentare anaerobă asigură: un traseu al masei de fermentare în interiorul bioreactorului de două ori mai lung, deci un grad de descompunere a compușilor organici îmbunătățit, prin dublarea timpului de retenție a masei în mediul bacterian, ca urmare a traseului creat de peretele separator longitudinal ce impune masei organice un circuit dublu extins între gurile de alimentare și evacuare; optimizarea amplasării componentelor auxiliare pe sol, pe aceeași parte a bioreactorului (rezervoare de alimentare și de evacuare); profilul tubular cu colțurile rotunjite asigură o ușoară curgere a masei organice, fără acumularea de material nefermentat în muchii sau în alte spații moarte în care materialul organic ar fi ferit de expunerea avansată la masa microbiană activă; camera de expansiune permite reglarea presiunii create în interiorul fermentatorului, iar dispozitivul de nivel asigură controlul și reglarea volumului masei organice supuse fermentării.

Bioreactorul tubular cu recircularea parțială a efluentului lichid înlătură dezavantajele menționate prin aceea că este alcătuit dintr-un fermentator amplasat subteran, de formă tubulară, cilindrică, realizat din fibră de sticlă cu dublă ranforsare, având raportul diametru D/lungime L de 1/3, volum total de 4...10 m³ și diametrul D de 1,2...1,6 m, lungimea L de 3,6...5,0 m, acoperit pe exterior cu un strat de material izolator de tip vată de sticlă cu grosimea de 30...40 mm, fermentator prevăzut în interior cu un perete despărțitor longitudinal, realizat din fibră de sticlă cu dublă ranforsare, cu înălțimea de 0,9 D și lungimea de 0,8 L, perete care este curbat la marginea terminală pentru direcționarea masei, iar la partea superioară și la o distanță de 0,1 L față de capătul lateral stânga cu un șanț deversor cu adâncimea 0,15 D și lungimea 0,1 L, ce permite recircularea parțială, zilnică, a efluentului lichid către zona de alimentare; fermentatorul este conectat, prin intermediul unei conducte de alimentare, realizată din fibră de sticlă cu dublă ranforsare, având diametrul de 0,25...0,35 m și prevăzută cu o clapetă de sens, de un rezervor de alimentare a masei organice, având fundul rotunjit, confecționat din beton, și volumul de 1,79...2,17 m³, iar prin intermediul unei conducte de evacuare, realizată din fibră de sticlă cu dublă ranforsare, și având diametrul de 0,25...0,35 m, de un rezervor de evacuare a nămolului fermentat, cu fundul rotunjit, confecționat din beton și având volumul de 0,86...1,05 m³, care comunică printr-un perete despărțitor, prevăzut cu o gură de expansiune, cu o cameră de expansiune având fundul drept, confecționată din beton și cu volumul de 0,39...0,48 m³; rezervoarele de alimentare, de evacuare și camera de expansiune sunt acoperite cu un capac prevăzut cu două deschideri cu clapete de cauciuc flexibile, una pentru alimentarea masei organice, respectiv, alta pentru evacuarea nămolului fermentat; bioreactorul este prevăzut pe peretele superior al fermentatorului cu o țevă de gaz având diametrul de 40...50 mm, echipată cu un sistem de siguranță, reprezentat de o valvă de siguranță și un dispozitiv de reținere a flăcării; pentru controlul nivelului de masă de fermentare din interiorul fermentatorului, bioreactorul este prevăzut cu un dispozitiv de măsurare a nivelului de lichid.

RO 131563 B1

- 1 Invenția prezintă următoarele avantaje:
- 3 - eficiență de tratare a apelor uzate și o producție de biogaz cu minimum 20% îmbunătățite față de bioreactoarele tubulare orizontale clasice, fără compartimentare și fără retur al unei părți din efluentul lichid;
 - 5 - îmbunătățirea aportului de masă bacteriană deversată odată cu efluentul lichid în camera de alimentare, cu efect asupra intensificării proceselor fermentative și creșterii gradului de descompunere a compușilor organici încă din primele zile de contact al materialului proaspăt introdus cu masa bacteriană din bioreactor;
 - 7 - hidrodinamică simplă și realizată natural, prin circulația masei de-a lungul traseului longitudinal, cu pereți cu colțuri rotunjite, paletă de direcționare a fluxului de masă de fermentare, și o ușoară omogenizare dată de alimentarea/evacuarea zilnică a unei porții de circa 5% din volumul bioreactorului, și de deversarea în camera de alimentare a unei părți de maximum 5% din efluentul lichid, creând o turbulență care facilitează deplasarea masei de fermentare;
 - 9 - timp de descompunere extins, pentru asigurarea degradării avansate și complete a compușilor organici din apele uzate, cu parcurgerea tuturor fazelor de descompunere bi-chimică până la nivelul final de generare metan și evacuare de nămol fermentat, inodor și lipsit de agenți patogeni. Prin utilizarea unui astfel de concept de bioreactor tubular de fermentare anaerobă se realizează o tratare completă a materialelor organice cu un randament maxim în obținerea de biogaz;
 - 11 - asigurarea unui mediu de fermentare în regim de temperatură mezofil, ca urmare a amplasării bioreactorului subteran, fără necesitatea aplicării unor surse de încălzire suplimentare, cu excepția încălzirii amestecului inițial de ape uzate, prin adăugarea de apă de diluție ușor încălzită la temperatura de 40...60°C. Pe perioada verii și în zilele însorite, apa de diluție poate fi încălzită direct prin expunere la soare, sau se pot adopta soluții de încălzire alternativă, precum panouri solare;
 - 13 - alimentarea bioreactorului direct din rezervorul de alimentare, prin curgere liberă, fără a fi necesar un sistem de pompare;
 - 15 - captarea biogazului în bioreactorul tubular, și utilizarea directă a acestuia la consumator;
 - 17 - rezervoarele de alimentare, de evacuare și camera de expansiune sunt acoperite cu un capac prevăzut cu două deschideri cu clapete de cauciuc flexibile, pentru alimentarea masei organice, respectiv, evacuarea nămolului fermentat, prin acest capac asigurându-se o protejare a mediului înconjurător împotriva mirosurilor neplăcute și a riscului de contaminare cu agenți patogeni din masa organică, și oferindu-se operatorilor o mai bună siguranță în exploatarea bioreactorului;
 - 19 - posibilitatea de fabricare pentru diferite tipodimensiuni, cu volumul bioreactorului cuprins între 4...10 m³, și posibilitatea de construcție modulară, cu mai multe bioreactoare amplasate în serie, în cazul în care există disponibilitate de materie primă. De asemenea, materialul fibră de sticlă asigură posibilitatea de transfer la producător, pentru o producție de serie și comercializare;
 - 21 - avantajul de a putea fi implementat cu costuri relativ scăzute în comunitățile locale rurale foarte mici sau în jurul unor ferme generatoare de reziduuri organice, în timp ce tehnologiile clasice necesită investiții substanțiale și un volum minim garantat de biomasă, care uneori este foarte greu de asigurat;
 - 23 - posibilitatea de evacuare periodică și spălare a corpului bioreactorului prin metode clasice de vidanjare, cu acces prin rezervorul de alimentare;
 - 25 - asigurarea unui mediu de fermentare în regim de temperatură mezofil, ca urmare a amplasării bioreactorului subteran, fără necesitatea aplicării unor surse de încălzire suplimentare, cu excepția încălzirii amestecului inițial de ape uzate, prin adăugarea de apă de diluție ușor încălzită la temperatura de 40...60°C. Pe perioada verii și în zilele însorite, apa de diluție poate fi încălzită direct prin expunere la soare, sau se pot adopta soluții de încălzire alternativă, precum panouri solare;
 - 27 - alimentarea bioreactorului direct din rezervorul de alimentare, prin curgere liberă, fără a fi necesar un sistem de pompare;
 - 29 - captarea biogazului în bioreactorul tubular, și utilizarea directă a acestuia la consumator;
 - 31 - rezervoarele de alimentare, de evacuare și camera de expansiune sunt acoperite cu un capac prevăzut cu două deschideri cu clapete de cauciuc flexibile, pentru alimentarea masei organice, respectiv, evacuarea nămolului fermentat, prin acest capac asigurându-se o protejare a mediului înconjurător împotriva mirosurilor neplăcute și a riscului de contaminare cu agenți patogeni din masa organică, și oferindu-se operatorilor o mai bună siguranță în exploatarea bioreactorului;
 - 33 - posibilitatea de fabricare pentru diferite tipodimensiuni, cu volumul bioreactorului cuprins între 4...10 m³, și posibilitatea de construcție modulară, cu mai multe bioreactoare amplasate în serie, în cazul în care există disponibilitate de materie primă. De asemenea, materialul fibră de sticlă asigură posibilitatea de transfer la producător, pentru o producție de serie și comercializare;
 - 35 - avantajul de a putea fi implementat cu costuri relativ scăzute în comunitățile locale rurale foarte mici sau în jurul unor ferme generatoare de reziduuri organice, în timp ce tehnologiile clasice necesită investiții substanțiale și un volum minim garantat de biomasă, care uneori este foarte greu de asigurat;
 - 37 - posibilitatea de evacuare periodică și spălare a corpului bioreactorului prin metode clasice de vidanjare, cu acces prin rezervorul de alimentare;
 - 39 - asigurarea unui mediu de fermentare în regim de temperatură mezofil, ca urmare a amplasării bioreactorului subteran, fără necesitatea aplicării unor surse de încălzire suplimentare, cu excepția încălzirii amestecului inițial de ape uzate, prin adăugarea de apă de diluție ușor încălzită la temperatura de 40...60°C. Pe perioada verii și în zilele însorite, apa de diluție poate fi încălzită direct prin expunere la soare, sau se pot adopta soluții de încălzire alternativă, precum panouri solare;
 - 41 - alimentarea bioreactorului direct din rezervorul de alimentare, prin curgere liberă, fără a fi necesar un sistem de pompare;
 - 43 - captarea biogazului în bioreactorul tubular, și utilizarea directă a acestuia la consumator;
 - 45 - rezervoarele de alimentare, de evacuare și camera de expansiune sunt acoperite cu un capac prevăzut cu două deschideri cu clapete de cauciuc flexibile, pentru alimentarea masei organice, respectiv, evacuarea nămolului fermentat, prin acest capac asigurându-se o protejare a mediului înconjurător împotriva mirosurilor neplăcute și a riscului de contaminare cu agenți patogeni din masa organică, și oferindu-se operatorilor o mai bună siguranță în exploatarea bioreactorului;

RO 131563 B1

- bioreactorul tubular, conform invenției, este complet autonom din punct de vedere energetic, nefiind necesare operații consumatoare de energie, precum omogenizarea și încălzirea masei organice, nici extragerea mecanizată a nămolului fermentat din rezervorul de evacuare, acestea efectuându-se în mod natural prin deplasarea masei în interiorul bioreactorului, într-un singur sens, de-a lungul peretelui de separare, către conducta de evacuare, deplasarea masei fiind determinată de alimentarea zilnică a unei șarje de biomasă de alimentare, și evacuarea zilnică a unei șarje de nămol fermentat, expulzarea nămolului fermentat fiind obținută prin suprapresiunea creată în interiorul bioreactorului, în urma generării biogazului și acumulării sale la partea superioară a masei de fermentare.

În continuare se dă un exemplu de realizare a invenției, pentru un bioreactor tubular având un volum al fermentatorului de 10 m^3 , în legătură cu fig. 1...6 ce reprezintă:

- fig. 1, vedere de ansamblu a bioreactorului tubular conform invenției, imagine tridimensională;

- fig. 2, secțiune longitudinală a bioreactorului tubular, vedere laterală pe planul de secțiune prin rezervorul de evacuare și gura de expansiune, imagine tridimensională;

- fig. 3, secțiune longitudinală a bioreactorului tubular, vedere laterală pe planul de secțiune prin rezervorul de evacuare și camera de expansiune;

- fig. 4, secțiune longitudinală a bioreactorului tubular, vedere laterală pe planul de secțiune prin conducta de evacuare;

- fig. 5, secțiune longitudinală a bioreactorului tubular, vedere laterală pe planul de secțiune prin conducta de alimentare;

- fig. 6, secțiune longitudinală a bioreactorului tubular, vedere de sus pe planul de secțiune prin profilul rotunjit al rezervoarelor de alimentare, respectiv, evacuare.

Bioreactorul tubular cu recircularea parțială a efluentului lichid este alcătuit dintr-un fermentator **1** amplasat subteran, de formă tubulară, cilindrică, realizat din fibră de sticlă cu dublă ranforsare, având raportul diametru D/lungime L de $1/3$, volumul de 10 m^3 și diametrul **D** de 1,6 m, lungimea L de 5,0 m, acoperit pe exterior cu un strat de material izolator **2**, de tip vată de sticlă, cu grosimea de 30...40 mm. Fermentatorul **1** este prevăzut în interior cu un perete despărțitor longitudinal **3**, realizat din fibră de sticlă cu dublă ranforsare, cu înălțimea de 1,44 m și lungimea de 1,28 m; peretele **3** este curbat la marginea terminală pentru direcționarea masei, iar la partea superioară și la o distanță de 0,5 m față de capătul lateral stânga cu un șanț deversor **4** cu adâncimea 0,24 m și lungimea 0,5 m, ce permite recircularea parțială, zilnică, a efluentului lichid către zona de alimentare. Fermentatorul **1** este conectat, prin intermediul unei conducte de alimentare **5**, realizată din fibră de sticlă cu dublă ranforsare, având diametrul 0,35 m și prevăzută cu o clapetă de sens **6**, de un rezervor de alimentare **7** a masei organice, având fundul rotunjit, confecționat din beton, și cu volumul de $2,17 \text{ m}^3$, iar prin intermediul unei conducte de evacuare **8**, realizată din fibră de sticlă cu dublă ranforsare, și având diametrul de 0,35 m, de un rezervor de evacuare a nămolului fermentat **9**, având fundul rotunjit, confecționat din beton, și cu volumul de $1,05 \text{ m}^3$, care comunică, printr-un perete despărțitor prevăzut cu o gură de expansiune **10**, cu o cameră de expansiune **11**, având fundul drept, confecționată din beton și cu volumul de $0,48 \text{ m}^3$. Rezervoarele de alimentare **7**, de evacuare **8** și camera de expansiune **11** sunt acoperite cu un capac **12** prevăzut cu două deschideri cu clapete de cauciuc flexibile, una pentru alimentarea masei organice **13**, respectiv, cealaltă pentru evacuarea nămolului fermentat **14**. Bioreactorul tubular este prevăzut pe peretele superior al fermentatorului cu o țevă de gaz **15** având diametrul de 50 mm, echipată cu un sistem de siguranță **16**, reprezentat de o valvă de siguranță și un dispozitiv de reținere a flăcării. Pentru controlul nivelului de masă de fermentare din interiorul fermentatorului, bioreactorul este prevăzut cu un dispozitiv **17** de măsurare a nivelului de lichid.

RO 131563 B1

1 Instalația funcționează în modul următor: masa de fermentare prelucrată conform
2 procedurilor cunoscute, și inoculată cu material biologic activ, este introdusă în fermentatorul
3 subteran **1** din rezervorul de alimentare **7**, prevăzut cu capac **12** și clapetă de cauciuc flexibilă
4 de alimentare **13**, prin conducta de alimentare **5**, a cărei clapetă de sens **6** este montată astfel
5 încât să permită doar accesul masei de fermentare în fermentator, dar nu și returul nămolului
6 din fermentator în rezervorul de alimentare. Materialul alimentat se deplasează lent de-a lungul
7 peretelui despărțitor **3**, fiind direcționat prin intermediul părții curbate a peretelui despărțitor,
8 către conducta de evacuare **8** după un traseu tur-retur, timp în care are loc fermentarea
9 anaerobă și producerea de biogaz, căldura de reacție generată în masa de fermentare ca
10 urmare a reacțiilor exoterme fiind menținută în interior în domeniul mezofil cu ajutorul
11 materialului izolator **2**, de tip vată de sticlă, care învelește total corpul fermentatorului. În timpul
12 necesar parcurgerii traseului creat în interiorul fermentatorului, spre capătul traseului de retur
13 se produce o sedimentare ușoară a efluentului de nămol fermentat la partea inferioară a
14 peretelui despărțitor, nămolul fermentat ușor îngroșat fiind evacuat prin conducta de evacuare
15 **8** către rezervorul de evacuare **9**, și deversat prin gura de expansiune **10** către camera de
16 expansiune **11**, ce are rolul de a regla presiunea creată de biogaz în interiorul fermentatorului
17 **1**, apoi nămolul fermentat este preluat prin gura de evacuare cu clapetă de cauciuc flexibilă **14**,
18 amplasată pe capacul **12** al rezervorului de evacuare **9**, și preluat de vehicule pentru transportul
19 la linia de valorificare ulterioară, ca fertilizant ecologic. Frația ușoară a materialului fermentat,
20 adică efluentul lichid care se regăsește la partea superioară a peretelui despărțitor, este
21 deversată parțial prin intermediul șanțului deversor **4**, către zona de alimentare, îmbogățind
22 astfel în microorganisme de fermentare active masa organică proaspăt alimentată în
23 fermentator, facilitând procesele biochimice prin reducerea fazei de acomodare, și îmbunătățind
24 gradul de descompunere a compușilor organici cu formare de biogaz, care se acumulează la
25 partea superioară a fermentatorului **1**, de unde este evacuat prin conducta de gaz **15**, prevăzută
26 cu sistem de siguranță **16**, și este utilizat drept gaz combustibil sau pentru generarea de energie
27 electrică într-un generator electric, după o prealabilă procesare a biogazului (deshidratare,
28 desulfurare) în sisteme de spălare și purificare. Nivelul de masă de fermentare din fermentator
29 este controlat prin intermediul dispozitivului **17** de măsurare a nivelului de lichid din interior.

30 Bioreactorul tubular cu recircularea parțială a efluentului lichid, conform invenției,
31 prezintă următoarele caracteristici:

32 - asigură o eficiență de tratare a apelor uzate, și o producție de biogaz cu minimum 20%
33 îmbunătățite față de bioreactoarele tubulare având gurile de alimentare, respectiv, evacuare
34 prevăzute la capetele opuse ale acestora, prin faptul că soluția tehnică propusă asigură un
35 traseu al masei de fermentare în interiorul bioreactorului de două ori mai lung, deci un grad de
36 descompunere a compușilor organici îmbunătățit, prin dublarea timpului de retenție a masei în
37 mediul bacterian, ca urmare a traseului creat de peretele separator longitudinal, ce impune
38 masei organice un circuit dublu extins între gurile de alimentare și evacuare; de asemenea,
39 soluția tehnică propusă asigură o optimizare a amplasării componentelor auxiliare pe sol pe
40 aceeași parte a bioreactorului (rezervoare de alimentare și de evacuare);

41 - profilul tubular cu colțurile rotunjite asigură o ușoară curgere a masei organice, fără
42 acumularea de material nefermentat în muchii sau în alte spații moarte în care materialul
43 organic ar fi ferit de expunerea avansată la masa microbiană activă, deci întreaga masă care
44 circulă prin reactorul tubular semicompartimentat este supusă descompunerii microbiene;

45 - traseul tubular cu returul masei de fermentare și deversarea unei părți de maximum
46 5% din efluentul lichid în prima cameră de alimentare, prin intermediul unui canal deversor
47 prevăzut în peretele despărțitor, asigură o ușoară agitare a masei organice, și facilitează
48 contactul microorganismelor cu compușii organici precursori de biogaz, fără a fi necesară

RO 131563 B1

agitarea mecanică suplimentară, consumatoare de energie și costisitoare în procesul de fabricare a bioreactorului; prin recircularea parțială în camera de alimentare a efluentului lichid bogat în masă bacteriană, se grăbește startul proceselor biochimice de fermentare, și se înlătură dezavantajul important dat de dificultatea în demararea procesului de fermentare care se întâlnește în general la bioreactoarele clasice, fără amestecare, acestea având nevoie de câteva săptămâni până la atingerea unui regim de lucru optim;

- existența peretelui despărțitor longitudinal între cele două camere de fermentare, prevăzut la capătul extrem cu o paletă de direcționare a masei către camera de fermentare metanogenă, asigură o separare parțială a fazelor biochimice acidogenă și metanogenă, fără a fi necesare bioreactoare separate pentru același volum de masă organică supusă fermentării. Prin urmare, costurile de fabricare ale acestui bioreactor semicompartimentat vor fi semnificativ mai mici față de configurația cu bioreactoare separate, iar eficiența de descompunere a masei organice și calitatea biogazului vor fi cu minimum 20% îmbunătățite față de fermentarea în incinte necompartimentate;

- soluția tehnică propusă nu necesită asigurarea încălzirii cu surse de încălzire externe, pe toată durata procesului de descompunere, ci implică introducerea de ape uzate rezultate din procesele tehnologice, sub formă ușor încălzită (precum borhot de cereale de la distilării de alcool, deșeuri de abatoare, deșeuri de fermă etc.), cu adăugarea în șarja inițială de apă de diluție ușor încălzită, la temperatura de 40...60°C, după care căldura de reacție a proceselor de fermentare care sunt exoterme va menține în mod natural temperatura de fermentare în regim mezofil, de 20...40°C, păstrarea acesteia fiind facilitată și de amplasarea complet subterană a bioreactorului; datorită rezistenței mai bune a microorganismelor metanogene mezofile la variații în condițiile de mediu, bioreactoarele care operează în regim termic mezofil sunt mai stabile și mai de încredere din punct de vedere al proceselor biochimice;

- soluția tehnică nu necesită pomparea masei organice din rezervorul de alimentare în corpul bioreactorului, alimentarea făcându-se prin curgere liberă direct în bioreactor. Evacuarea nămolului fermentat se face prin reglarea presiunilor interioare din bioreactor, determinată de cantitatea de biogaz generată, o creștere a presiunii gazului de la suprafața masei organice peste 200 mm col. apă determinând evacuarea nămolului fermentat către rezervorul de evacuare și camera de expansiune, de unde materialul poate fi preluat prin intermediul unei pompe de nămol;

- bioreactorul nu necesită componente auxiliare de captare a gazului, precum gazometru sau balon cu membrană dublă, deci costurile de investiție sunt semnificativ mai reduse. Gazul este colectat deasupra masei lichide, în partea superioară a volumului bioreactorului, și, de aici, este evacuat direct printr-o conductă de gaz prevăzută cu sistem de siguranță reprezentat de o valvă de siguranță și un dispozitiv de reținere a flăcării, de unde este spălat, comprimat și utilizat direct la consumator (locuință, fermă, fabrică de procesare legume-fructe, produse de carne, lactate, distilării etc.).

Bibliografie

- [1] Cerere de brevet US 20150068259 A1, *Method for operating a bioreactor that methanizes biomass*, Aplicant: Bekon Energy Technologies GmbH&Co.Kg, Germany. 43
- [2] Cerere de brevet US 2015/0315535 A1, *Process for the production of biogas*, Aplicant BDI-Bioenergy International AG, Austria. 45
- [3] Brevet RO 114120 B1, *Instalație de producere a biogazului*, Aplicant: Institutul Politehnic "Gh. Asachi", România. 47

RO 131563 B1

1 [4] Cerere de brevet US 2015/0056676 A1, *Two-stage anaerobic digestion systems*
3 *wherein one of the stages comprises a two-phase system*, Applicant: Washington State
University, SUA.

[5] Swedish Patent No. 0900376-5/2009, *Two-stage anaerobic digester*.

5 [6] Băran Gh., Mateescu C., Băbuțanu CA, Băran N., Mândrea L., Craiu C, Pena Leonte
7 E., Ghita L, Dumitru L., *Realizări și perspective în industria biogazului*, Editura Printech, 2008,
ISBN 978-606-521-064-6.

[7] BIG East Promoting - Biogazul - Ghid practic, Proiect european EIE/07/214/S
9 12.467620, derulat in perioada 2007-2010, www.big-east.eu.

[8] Cerere de brevet US 20120164723 A1, *Reaction system for anaerobic digestion*,
11 Applicants: Kevin D. Roy, Thomas Arthur Maliszewski, Ian Burdett.

RO 131563 B1

Revendicare

Bioreactor tubular cu recircularea parțială a efluentului lichid, **caracterizat prin aceea** 3
că este alcătuit dintr-un fermentator (1) amplasat subteran, de formă tubulară, cilindrică, realizat 5
din fibră de sticlă cu dublă ranforsare, având un raport de diametru D/lungime L de 1/3, un 5
volum de 4...10 m³ și un diametru D de 1,2...1,6 m, o lungime L de 3,6...5,0 m, acoperit pe 7
exterior cu un strat de material izolator (2), de tip vată de sticlă, cu grosimea de 30...40 mm, 7
fermentator prevăzut în interior cu un perete despărțitor longitudinal (3), realizat din fibră de 9
sticlă cu dublă ranforsare, cu o înălțime de 0,9 m și o lungime de 0,8 m, perete care este curbat 9
la marginea terminală pentru direcționarea masei, iar la partea superioară și la o distanță de 11
0,1 m față de capătul lateral stânga, cu un șanț deversor (4) cu o adâncime 0,15 m și o lungime 11
0,1 m, ce permite recircularea parțială, zilnică, a efluentului lichid către zona de alimentare; 13
fermentatorul este conectat, prin intermediul unei conducte de alimentare (5), realizată din fibră 13
de sticlă cu dublă ranforsare, cu diametrul de 0,25...0,35 m și prevăzută cu o clapetă de sens 15
(6), cu un rezervor de alimentare (7) a masei organice, având fundul rotunjit, confecționat din 15
beton, și volumul de 1,79...2,17 m³, iar prin intermediul unei conducte de evacuare (8), realizată 17
din fibră de sticlă cu dublă ranforsare, cu diametrul de 0,25...0,35 m, de un rezervor de 17
evacuare a nămolului fermentat (9), având fundul rotunjit, confecționat din beton cu volumul de 19
0,86...1,05 m³, care comunică printr-un perete despărțitor, prevăzut cu o gură de expansiune 19
(10), cu o cameră de expansiune (11), având fundul drept, confecționată din beton și cu volumul 21
de 0,39...0,48 m³; rezervoarele de alimentare, de evacuare și camera de expansiune sunt 21
acoperite cu un capac (12) prevăzut cu două deschideri cu clapete de cauciuc flexibile, una 23
pentru alimentarea masei organice (13), respectiv, cealaltă pentru evacuarea nămolului fermentat 23
(14); bioreactorul tubular este prevăzut pe peretele superior al fermentatorului cu o țeavă de 25
gaz (15) având diametrul de 40...50 mm, echipată cu un sistem de siguranță (16) reprezentat 25
de o valvă de siguranță și un dispozitiv de reținere a flăcării; pentru controlul nivelului de masă 27
de fermentare din interiorul fermentatorului, bioreactorul este prevăzut cu un dispozitiv (17) de 27
măsurare a nivelului de lichid.

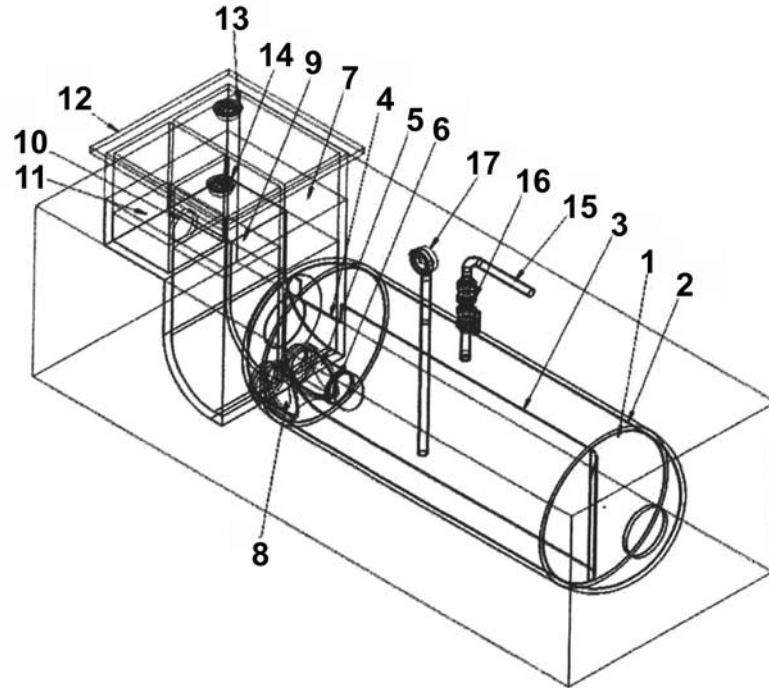


Fig. 1

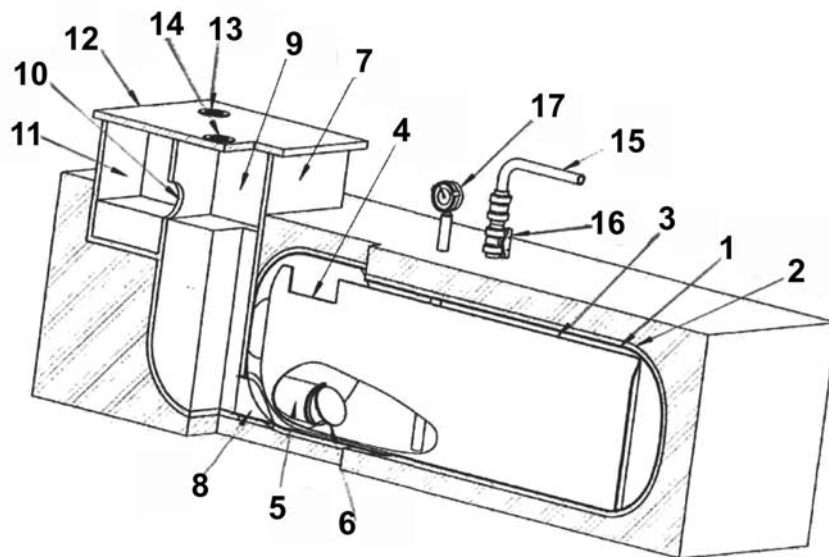


Fig. 2

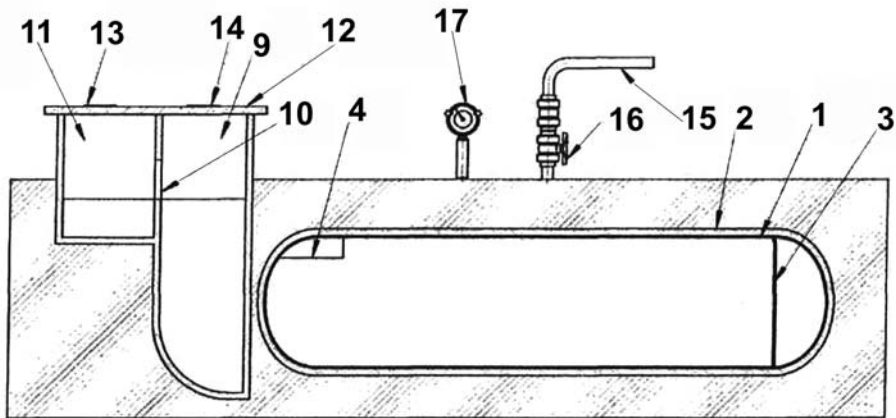


Fig. 3

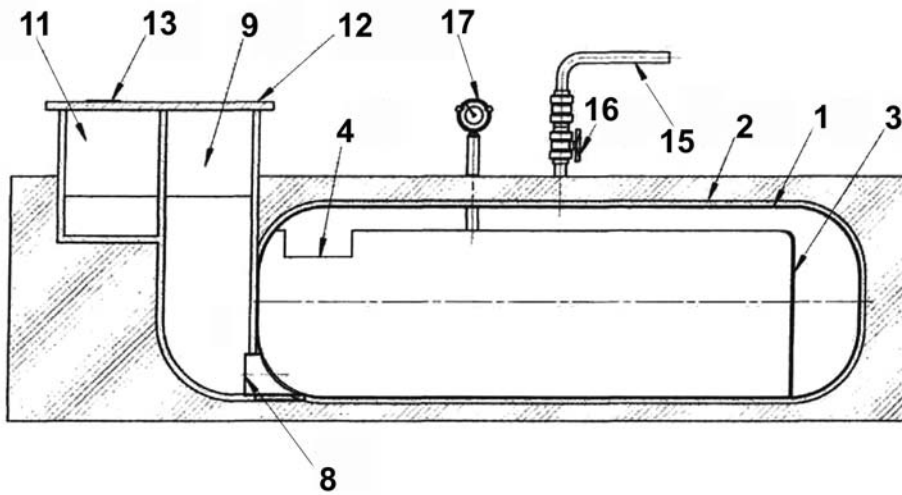


Fig. 4

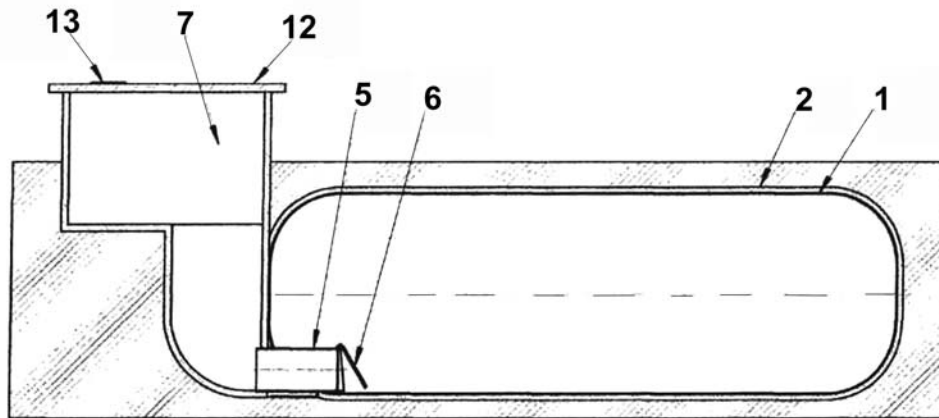


Fig. 5

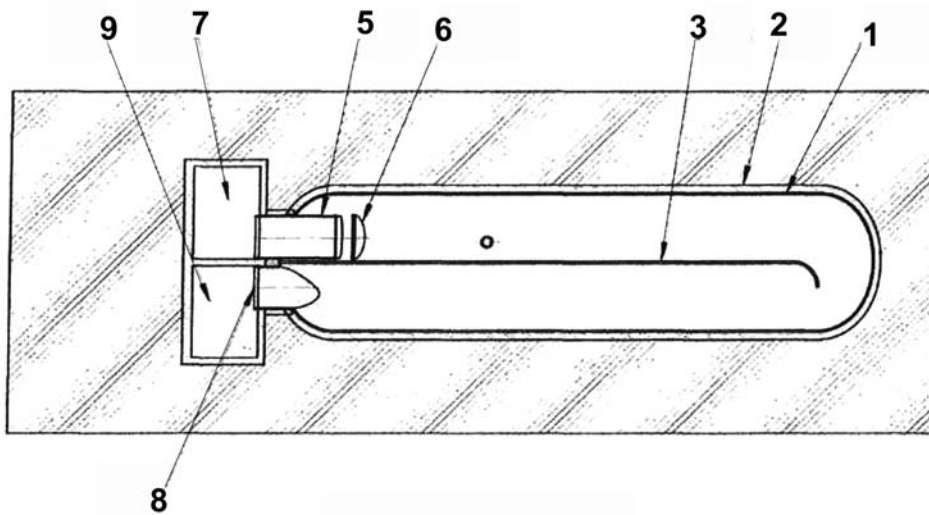


Fig. 6

