

Invenția se referă la dispozitivele de reciclare a deșeurilor menajere și industriale solide și poate fi utilizată pentru producerea gazului de generator cu utilizarea ulterioară a acestuia pentru obținerea energiei electrice sau termice.

Una dintre problemele majore ale procesului tehnologic de prelucrare a deșeurilor menajere și industriale solide prin piroliza existentă în generatoarele de gaz, care realizează acest proces, este dificultatea atingerii unui grad ridicat de reciclare a combustibilului utilizat, care asigură nu numai economicitatea înaltă a procesului, ci și puritatea ecologică a gazului de generator obținut.

Încercări de a rezolva această problemă au fost întreprinse în decursul întregii perioade de creare și exploatare a dispozitivelor pentru prelucrarea deșeurilor în scopul utilizării efective ulterioare a gazului de generator pentru necesitățile industriale.

Aceste încercări au avut drept scop îmbunătățirea diferitelor subansambluri constructive, asigurând într-o oarecare măsură creșterea intensității descompunerii termice a părții organice a materiei prime în zona de piroliză.

Este cunoscut, de exemplu, un generator de gaz cu grătar rotativ, care favorizează îndepărtarea reziduurilor de cenușă ce se acumulează în interiorul generatorului de gaz și împiedică funcționarea normală a acestuia. Acest generator de gaz are un corp vertical de tip mină, în partea de sus fiind dotat cu un dispozitiv de încărcare și un racord de evacuare a gazului de generator. Partea de jos a generatorului de gaz este constituită din grătarul rotativ de formă conică și o cutie de cenușă unită cu acesta, având formă de treaptă unitară umplută cu apă. Grătarul rotativ este fixat pe un arbore, fiind rotit de acesta împreună cu cutia de cenușă. Paletele înclinate executate pe grătarul rotativ asigură deplasarea reziduuului de cenușă intern la alte perechi de palete, amplasate în interiorul cutiei de cenușă. În procesul de rotație a grătarului rotativ reziduuul de cenușă este deplasat de către palete la marginea treptei superioare a cutiei de cenușă și este eliminat de pe suportul de fund. Paletele sunt executate reglabile și au formă elicoidală [1].

Dezavantajul generatorului de gaz este soluția constructivă complexă a subansamblului de eliminare a reziduuului de cenușă, care are un număr mare de piese reglabile legate mecanic, ceea ce reduce semnificativ fiabilitatea generatorului în ansamblu.

Este cunoscut un generator de gaz cu proces direct de oxidare și reducere a combustibilului solid și de transformare a acestuia în gaz de generator. Acest generator include o cameră de reacție cu o cămașă de apă și un grătar de distribuție a gazelor, în care are loc pregătirea combustibilului solid și reacția imediată de oxidare și reducere a acestuia. Reziduuul de cenușă format cade pe un grătar perforat rotativ, având o inserție în trepte perforată, axa de simetrie a căreia nu coincide cu axa de rotație a grătarului. La rotirea grătarului are loc amestecarea combustibilului și saturarea lui cu oxigen prin debitarea aerului prin orificiile grătarului și inserției în trepte [2].

Cu toate acestea, construcția generatorului descris, în care grătarul are o suprafață plană, amplasată perpendicular fluxului deșeurilor procesului de ardere, nu prevede un mecanism comod și sigur de eliminare completă a reziduuului de cenușă, prezența căruia în calea mișcării aerului reduce semnificativ eficiența controlului procesului de piroliză.

Cea mai apropiată soluție de generatorul de gaz propus este instalația de prelucrare a deșeurilor organice solide, care conține un dispozitiv de încărcare, dozatoare cu ecluze de încărcare a materiei prime cu un buncăr de primire și clape de ecluză, dotate cu șubere mobile cu garnituri de etanșare și acționări electrice, un reactor pentru piroliză, care constă dintr-un corp vertical cu camere de încărcare, reacție și cenușă amplasate în interiorul acestuia, un grătar, fixat rigid în camera de cenușă, și un racord de alimentare cu aer a reactorului, precum și dozatoare cu ecluze de descărcare a reziduuului solid. Mecanismul grătarului este executat în formă de arbore orizontal cu fusuri, instalat în două suporturi. Pe arbore sunt fixate elemente cu bare în formă de palete de diferite lungimi conectate rigid cu acesta, care formează o țesătură de grătar cu dimensiunea fantelor egală cu distanța dintre palete. Fusurile arborelui sunt conectate la dispozitive de acționare rotative, de exemplu, motoare pneumatice sau hidraulice. Atunci când arborele se rotește, paletele sunt rotite și asigură agitărea materiei prime în camerele de reacție și cenușă ale reactorului. Pentru descărcarea reziduuului de cenușă solid paletele grătarului sunt oprite în poziție orizontală. Avansarea în camera de reacție a reactorului a aburului necesar pentru sporirea fracțiunii de hidrogen în amestecul de abur și gaz, care se formează la temperatura ridicată de la interacțiunea aburului și carbonului, se efectuează la descărcarea materiei prime uzate prin dozatoarele cu ecluze de descărcare a reziduuului solid. În capacitatea de ecluză a dozatorului dat se toarnă reziduuul solid, care se supune acțiunii apei debitate prin colectoare înelare sub presiune. Aburul format se ridică și trece în camera de reacție [3].

Dezavantajul principal al instalației descrise constă în gradul relativ scăzut de saturație a materialului în procesul de ardere cu aer și abur, condiționat de grătar. Construcția sa în formă de rând de palete amplasate paralel, care se rotesc pe arbore, împiedică pătrunderea aerului și aburului prin masa reziduuului de cenușă, ce este situat între palete și umple etanș spațiul dintre palete. Totodată, persistă problema amestecării calitative a masei solide a reziduuului de cenușă.

Un alt dezavantaj al acestei soluții este, de asemenea, schema complexă de avansare a aburului în camera de reacție, care constă dintr-o serie de operații efectuate succesiv, ceea ce reduce fiabilitatea și economicitatea instalației.

Problema pe care o rezolvă invenția constă în elaborarea unui generator de gaz simplu, ieftin, performant, ecologic pur pentru prelucrarea deșeurilor menajere și industriale solide.

Generatorul de gaz, conform invenției, înlătură dezavantajele menționate mai sus prin aceea că conține dozatoare cu ecluze de încărcare a materiei prime, care includ un buncăr de primire și clape de ecluză, dotate cu șubere mobile cu garnituri de etanșare și acționări electrice, un reactor pentru piroliză, care constă dintr-un corp cilindric vertical cu zone de încărcare, de reacție și de cenușă, un racord de evacuare a gazului de generator, amplasat în partea superioară a corpului, un circuit de formare a aburului, executat în formă de cămașă de apă, instalată din partea

exterioară a corpului reactorului în jurul lui și dotată cu o conductă pentru aducerea aburului din partea ei superioară în reactor printr-un racord de debitare a aburului, un grătar cu bare conic cav cu suprafața laterală perforată, fixat rigid în zona de cenușă, deasupra căruia este amplasat cu posibilitatea de rotație un agitator, fixat pe un arbore, care trece prin grătar și este activat de un motor electric-reductor, reglat de un sistem de comandă, axa agitatorului coincide în acest caz cu axa de simetrie a grătarului, un aprinzător, instalat în zona de cenușă, și un racord de admisiune a aerului în reactor, totodată racordul de debitare a aburului și racordul de admisiune a aerului în reactor sunt instalate în partea inferioară a grătarului; în partea de jos a reactorului sunt instalate dozatoare cu ecluze de descărcare a rezidului solid.

Agitatorul este executat cel puțin din patru palete alungite, cu un capăt fixate rigid pe un cadru inelar fixat pe arbore, paletetele fiind amplasate sub un unghi față de axa arborelui practic egal cu unghiul axial al conului grătarului și unite între ele prin nervuri de rigidizare cel puțin în două niveluri pe toată lungimea arborelui.

Nervurile de rigidizare ale agitatorului au o formă arcuită, raza arcului cărora este determinată de locul fixării pe palete cu posibilitatea formării unui cerc.

Perforațiile de pe suprafața laterală a grătarului au formă arbitrară.

Corpul reactorului în zona de reacție este căptușit din interior cu un material refractar de tipul cărămizii de șamotă sau argilei de șamotă.

Rezultatul obținut la realizarea prezentei invenții constă în optimizarea regimului de temperatură și intensificarea procesului de piroliză, asigurarea indicilor ecologici înalți în timpul funcționării, eliminarea completă a rezidului de cenușă de pe grătar în regim de acțiune continuă.

Pentru a obține rezultatul tehnic indicat în construcția generatorului de gaz s-a utilizat un grătar cu bare în formă de con cav perforat pe suprafața laterală, deasupra căruia este montat cu posibilitatea de rotație pe un arbore un agitator. Executarea agitatorului din palete interconectate rigid și amplasate spațial paralel cu suprafața laterală a grătarului asigură la rotația arborelui un proces continuu de agitare a materiei prime, curățarea grătarului de reziduuri combustibile și eliminarea liberă pe suprafața sa conică a rezidului de cenușă. Totodată, executarea nervurilor de rigidizare ale agitatorului în formă de arcuri, care formează împreună un cerc, permite agitatorului să se rotească liber în jurul grătarului. Drept rezultat se creează un contact intensiv liber al materiei prime cu aerul și aburul, care pătrunde pe toată înălțimea conului prin grătar din racordurile, instalate în partea inferioară a acestuia.

Utilizarea în agitator a cel puțin patru palete și amplasarea nervurilor de rigidizare cel puțin în două niveluri asigură rigiditatea necesară și suficientă și, prin urmare, fiabilitatea operațională a construcției sale în ansamblu.

Totodată, datorită amestecării materiei prime de către agitator și executării pe suprafața laterală a grătarului a orificiilor, se realizează debitarea uniformă și stabilă pe toată secțiunea orizontală a corpului reactorului a aerului și aburului în zona de ardere pentru contactul lor intensiv cu materia primă. Acest lucru contribuie, la rândul său, la obținerea reacției de ardere stabile, la utilizarea mai completă a puterii calorifice a materiei prime, îmbunătățirea calității, formarea amestecului de aer insuflat cu materia primă, reducerea coeficientului de exces de aer și emisii de CO, NOx și rășinii de piroliză.

Fluxurile controlate de materie primă, aer, abur, precum și amestecarea materiei prime permit reglarea mai fină a intensității procesului de conversie termochimică și asigură un randament ridicat de transformare a materiei prime inițiale în gaz de generator și reziduu de cenușă.

Reglarea procesului de gazeificare permite prelucrarea materiei prime cu compoziție morfologică diferită, fluxul de aer și abur fiind menținut la un nivel optim, care este determinat de proprietățile materiei prime și destinația specială a procesului de prelucrare.

Mai mult ca atât, pentru menținerea câmpului termic necesar în reactorul de piroliză în generatorul de gaz se utilizează o cămașă de apă, care cuprinde corpul reactorului din exterior. Drept rezultat, prin reglarea umplerii cămășii de apă se corectează regimul de temperatură al procesului de piroliză, asigurând optimizarea acestuia, se reduce în mod eficient temperatura pereților corpului reactorului, totodată se utilizează căldura obținută.

În plus, reglarea volumului de apă în cămașă permite de a obține temperatura dorită a aburului, care pătrunde în reactor prin conducta din partea superioară a cămășii și racordul de debitare a aburului în reactor din partea inferioară a grătarului. În acest fel se reduc substanțial cheltuielile de producere a aburului, care nu necesită echipamente speciale suplimentare. Totodată, procesul de reglare a apei în cămașa de apă este tehnologic simplu și comod în deservire.

Prezența în interiorul corpului reactorului a stratului protector din material refractar de tipul cărămizii de șamotă sau argilei de șamotă asigură rezistența la uzură a acestuia la materia primă în mișcare.

Astfel, generatorul de gaz propus este un dispozitiv pentru prelucrarea deșeurilor menajere și industriale solide ecologic pur, economicos, simplu și compact.

Confecționarea acestui dispozitiv nu prezintă dificultăți speciale și este posibilă cu ajutorul echipamentului de serie al uzinei constructoare de mașini după tehnologia tradițională.

Invenția se explică prin desenele din fig. 1-3, care reprezintă:

- fig. 1, secțiunea longitudinală a generatorului de gaz pentru prelucrarea deșeurilor menajere solide;

- fig. 2, agitatorul în izometrie;

- fig. 3, agitatorul și grătarul în asamblare.

Generatorul de gaz (fig. 1) conține dozatoare cu ecluze de încărcare a materiei prime, care includ un buncăr de primire 1 și clape de ecluză 2, dotate cu șubere mobile cu garnituri de etanșare și acționări electrice, și un reactor 3 pentru piroliză. Reactorul 3 constă dintr-un corp 4 cilindric vertical cu zone de încărcare 5, de reacție 6 și de cenușă

7, un racord 8 de evacuare a gazului de generator, amplasat în partea superioară a corpului 4, un circuit de formare a aburului, executat în formă de cămașă de apă 9, instalată din partea exterioară a corpului 4 în jurul lui și dotată cu o conductă 10 pentru aducerea aburului din partea ei superioară în reactorul 3 printr-un racord 16 de debitare a aburului, un grătar 11 cu bare conic cav cu suprafața laterală perforată, fixat rigid în zona de cenușă 7, deasupra căruia este amplasat cu posibilitatea de rotație un agitator 12, fixat pe un arbore 13, care trece prin grătarul 11 și este activat de un motor electric-reductor 14, reglat de un sistem de comandă, totodată axa agitatorului 12 coincide cu axa de simetrie a grătarului 11. Reactorul 3 mai constă dintr-un racord 15 de admisiune a aerului în reactorul 3. Racordul 16 de debitare a aburului și racordul 15 de admisiune a aerului în reactor sunt instalate în partea inferioară a grătarului 11. În partea de jos a reactorului 3 sunt instalate dozatoare cu ecluze de descărcare a reziduurilor solide. Pentru aprinderea combustibilului în corpul 4 reactorului 3 este montat un aprinzător 17. Agitatorul 12 (fig. 2) conține palete 18, montate pe un cadru 19, în orificiul 20 al căruia este instalat arborele 13. Paletele sunt unite între ele cu nervuri de rigidizare 21, situate la diferite niveluri după înălțimea agitatorului 12 și formând la fiecare nivel un cerc.

Asamblarea grătarului 11 și agitatorului 12 (fig. 3) reprezintă o structură conică, pe axa de simetrie a căreia trece arborele 13, montat în cadrul 19. Deasupra suprafeței grătarului 11, la o distanță determinată de mărimea cadrului 19, este amplasat cu posibilitatea rotirii agitatorul 12.

Perforațiile de pe suprafața laterală a grătarului 11 au formă arbitrară.

Corpul 4 reactorului 3 în zona de reacție 6 este căptușit din interior cu un material refractar de tipul cărămizii de șamotă sau argilei de șamotă.

Generatorul de gaz funcționează după cum urmează.

La baza procesului tehnologic de gazeificare stă conversia termochimică, care este rezultatul interacțiunii părții combustibile a materiei prime (a carbonului și hidrogenului, în formă combinată) și oxigenului în interiorul reactorului 3. Reacția exotermică de oxidare a părții inflamabile a combustibilului are loc la temperaturi de $\approx 1200^{\circ}\text{C}$. În legătură cu aceasta, în reactorul 3 se creează condițiile pentru reacția chimică endotermă de interacțiune a produselor solide calde, îmbogățite cu carbon, cu dioxid de carbon și abur cu formarea monoxidului de carbon și hidrogenului – principalele componente combustibile ale generatorului de gaz.

Lucrul generatorului de gaz începe cu încărcarea materiei prime din buncărul de primire 1 cu ajutorul clapelor de ecluză 2 în interiorul corpului 4 reactorului 3 pentru piroliză. Materia primă pătrunde în pâlnia buncărului 1 porționat. În calitate de dispozitiv pentru debitarea materiei prime poate fi utilizat un transportor cu cupe, un transportor elicoidal sau orice alt tip de transportor interoperațional (în fig. 1 nu este indicat). După umplerea buncărului 1 debitarea materiei prime se oprește.

După ce pătrunde în reactorul 3, materia primă nimerește în zona de încărcare 5, unde sub acțiunea temperaturii ridicate a gazului (pană la 400°C) are loc eliminarea particulelor de apă și materialul uscat coboară mai jos în zona de reacție 6. Aici, în zona de piroliză, unde temperatura maximă este de aproximativ 600°C , are loc descompunerea hidrocarburilor materiei prime în componente chimice. În continuare, în zona de gazeificare, au loc reacțiile de oxidoreducere și materia primă intră în reacție cu aerul și aburul, transformându-se în gaz.

Din zona de reacție 6 materia primă nimerește în zona de cenușă 7 și cade pe grătarul 11. Pentru a asigura o reacție de combustie stabilă în grătarul 11 prin racordul 15 se debitează aer sub presiune. Pentru creșterea fracției de hidrogen în compoziția gazului de generator de la cămașa de apă 9 prin conducta 10 și racordul 16 în grătarul 11 se debitează abur. Acest lucru sporește căldura de ardere a gazului produs.

Nimerind pe grătarul 11, reziduurile incombustibile ale materiei prime sunt supuse acțiunii agitatorului 12, pe care îl rotește arborele 13, drept rezultat grătarul 11 este curățat, reziduurile sunt zdrobite în cenușă și eliminate din partea inferioară a corpului 4 reactorului 3. Temperatura cenușii nu depășește 100°C .

Gazul de generator format ca rezultat al proceselor care au loc în reactorul 3, iese din corpul 4 prin racordul 8 pentru utilizarea ulterioară. Totodată, gazul de generator, trecând prin materia primă în zona de încărcare 5, se răcește până la temperatura de 400°C , ceea ce permite simplificarea tehnologiei de răcire ulterioară a acestuia.

În funcție de proprietățile materiei prime utilizate în procesul de funcționare a generatorului de gaz la semnalele traductoarelor termoelectrice, instalate la înălțimea corpului 4 în regiunea zonelor de reacție 6 și de cenușă 7 (în fig. 1 nu este arătat), se reglează fluxul de aer și abur în reactorul 3 pentru menținerea câmpului termic necesar și corectarea procesului de piroliză (temperaturii, presiunii, duratei și pierderilor de căldură), ceea ce contribuie la atingerea indicilor optimi de calitate a gazului de generator obținut la ieșirea racordului 8.

Înălțimea minimă H a spațiului liber în generatorul de gaz dintre nivelul superior al stratului de materie primă și racordul 8, pentru prevenirea emisiei particulelor de materie împreună cu gazul, este selectată din condiția $H \geq X$, unde X este înălțimea maximă de emisie a particulelor de materie primă din stratul de materie primă sub influența gazului de generator, conform formulei:

$$X = \frac{1}{k} \left[W_{\text{TH}} + \frac{\left(\frac{g}{k} - W \right) \ln \left(\frac{g}{k} - W + W_{\text{TH}} \right)}{\frac{g}{k} - W} \right],$$

$$k = 19,2 \frac{\gamma \cdot v}{\gamma_T \cdot d_T^2} \frac{1}{c}$$

unde:

W – viteza medie a gazului deasupra stratului de materie primă, m/s;

W_{TH} – viteza inițială a particulelor, m/s;

g – accelerația gravitațională, m/s²;

γ – densitatea gazului, kg/m³;

v – viscozitatea cinematică a gazului, m/s²;

γ_T – densitatea aparentă a particulelor, kg/m³;

d_T – diametrul particulelor, m.

Generatorul de gaz propus pentru prelucrarea deșeurilor menajere solide este un dispozitiv simplu, ieftin, comod în utilizare, care asigură o productivitate înaltă și obținerea gazului de generator cu indici ecologici îmbunătățiți.

Exemplu de realizare

În procesul elaborării generatorului de gaz propus a fost confecționat un eșantion din metal Oțel3 cu o grosime de 10 mm, diametrul exterior al corpului reactorului fiind egal cu 1,3 m, iar înălțimea – cu 2,11 m. Suprafața interioară a corpului a fost căptușită cu zidărie de cărămidă de șamotă de dimensiune standard (240 x 114 x 32) mm, astfel încât diametrul interior al reactorului constituia 1,0 m.

Grătarul conic și toate părțile care alcătuiesc agitatorul au fost executate din metal cu marca Oțel10. Totodată, înălțimea conului este de 0,5 m, iar unghiul de deschidere a conului – de 80°. Orificiile, executate pe suprafața laterală a grătarului, au formă de fantă și sunt situate la niveluri diferite cu deplasare unul față de celălalt.

Încărcarea materiei prime a fost efectuată printr-un buncăr, executat în formă de con din metal Oțel3 cu o grosime de 3 mm, la fiecare 20 min. Pentru funcționarea normală a generatorului de gaz în reactor se află în mod constant o porție pentru două ore de materie primă.

În calitate de materie primă au fost utilizate flocule energetice, executate din deșeuri menajere solide.

Corpul cămășii de apă, care cuprinde reactorul, este executat din metal cu marca Oțel3 cu o grosime de 3 mm. Pentru protecția automatizării utilizate toate elementele reactorului au fost înfășurate într-o carcasă din oțel inoxidabil cu grosimea de 1 mm, iar spațiul dintre ele și corp a fost umplut cu vată minerală.

În calitate de termoelemente pentru măsurarea temperaturii în interiorul generatorului de gaz au fost utilizate termocupluri de tip TCS (T_{max} = 1300°C) și TCA (T_{max} = 1000°C). Pentru a asigura etanșeitatea conexiunilor generatorului de gaz au fost utilizate garnituri de parantă.

Momentul de torsiune pentru agitator a fost creat de un motor-reductor cilindrico-conic cu marca SK9016.1AF B-80S/4 TFF.

Conform calculelor efectuate parametrii generatorului de gaz confecționat cu puterea debitată la ieșire de 270 kW constituiau:

- la intrare – materie primă 218 kg/h, apă 135 kg/h, aer 312 kg/h;
- la ieșire – gaz de generator 566 kg/h, cenușă 55 kg/h, rășină 44 kg/h.

Gazul de generator obținut în procesul funcționării generatorului de gaz dat conținea următoarele elemente chimice:

Nr. d/o	Elementul chimic	Formula chimică	Fracția volumetrică, %
1	Metan	CH ₄	3
2	Dioxid de carbon	CO ₂	10
3	Monoxid de carbon	CO	19
4	Hidrogen	H ₂	18
5	Azot	N ₂	50

Raportul cantitativ al acestor elemente chimice, ce se conțin în gazul de generator, obținut în timpul funcționării generatorului de gaz propus și generatorului de gaz cunoscut al companiei Bijendra Heavy Electricals, India (Descrierea tehnică a generatorului de gaz BHE-1, 25MW, 2010), este prezentat în tabelul de mai jos.

Nr. d/o	Elementul chimic	Generatorul de gaz conform invenției (fracția volumetrică, %)	Generatorul de gaz al companiei Bijendra Heavy Electricals (fracția volumetrică, %)
1	Metan	3	1,5...2,5
2	Dioxid de carbon	10	12...15
3	Monoxid de carbon	19	15...18
4	Hidrogen	18	13...15
5	Azot	50	45...48

Din tabel se vede că inflamabilitatea gazului de generator, obținut în generatorul de gaz revendicat, după indicii metanului, hidrogenului și monoxidului de carbon este mai mare, iar puritatea ecologică după indicele dioxidului de carbon este mai bună.