

Invenția se referă la prelucrarea combinată a uleiurilor vegetale pentru producerea combustibilului de alternativă, și anume la o instalație pentru rafinarea uleiurilor vegetale și obținerea biocombustibilului pe baza esterilor metilici ai acizilor grași.

Invenția poate fi aplicată în industriile alimentară și chimică, la uzinele specializate în producerea combustibililor de alternativă, ecologic puri, în sectorul agricol, în gospodăriile fermiere individuale pentru obținerea combustibilului de alternativă în mod independent.

Este cunoscută instalația de obținere a biocombustibilului pe baza esterilor acizilor grași, care include: rezervor cu linie de recirculare a uleiului, ejector, rezervor de metanol alcalinizat, reactor cu încălzire și rezervor de acumulare a glicerinei, separator centrifug și filtru cu vid [1].

Însă instalația cunoscută nu asigură o calitate satisfăcătoare a motorinei obținute și are productivitate joasă, datorită faptului că procesul trans-esterificării, legat de interacțiunea acizilor grași cu metanolul alcalinizat decurge timp îndelungat – până la 8...10 ore, are randament nesatisfăcător al produsului finit – motorinei, din cauza parametrilor mici ai transferului de masă și schimbului de masă în reactorul cu agitare al acestei instalații. De asemenea instalația este energofagă, datorită consumului mare de energie termică necesar menținerii temperaturii până la 65°C pe parcursul interacțiunii amestecului reactant.

Cea mai apropiată soluție după esența tehnică și rezultatul atins este instalația de obținere a biocombustibilului, care include rezervor pentru uleiul vegetal, pompă centrifugă ermetică, rezervor pentru alcoolul metilic unit cu compresorul de aer, rezervor pentru obținerea metoxidului, reactor-neutralizator la care sunt conectate pompa cu vid și cu condensator, rezervor pentru apa demineralizată și butelie cu bioxid de carbon. Instalația de asemenea include ejector, agitator tubular, filtru de combustibil și rezervor pentru biocombustibilul finit [2].

Însă această instalație nu asigură efectuarea tuturor operațiunilor tehnologice privind pregătirea prealabilă a materiei prime (rafinarea și filtrarea), nu este prevăzută pentru obținerea apei demineralizate destinată spălării biocombustibilului, înseși procesul de spălare nu este efectiv din cauza lipsei pompei de dozare și sistemului de dispersare (pulverizare) a apei, ca urmare în procesul de spălare fără dispersarea apei se formează o emulsie stabilă. În afara acestora, instalația are o productivitate joasă din cauza funcționării neeficiente a mecanismelor de malaxare. Sarcina tehnică, soluționată de prezenta invenție, constă în prelucrarea complexă a grăsimilor vegetale, și anume prin rafinare și filtrare pentru obținerea acestora ca produs comercial separat, precum și în crearea posibilității de realizare a procesului de trans-esterificare a acestui produs în condiții intensive cu sporirea obținerii biocombustibilului Diesel.

Instalația include, conectate printr-un sistem de conducte, un filtru de vid 1 cu tambur, unit cu o capacitate 18 pentru amestecul de ulei și perlită, un colector 2 pentru ulei, o pompă de vid 3, un condensator 4 pentru distilarea vaporilor de metanol, un distilator 5 dotat cu un rezervor 6 pentru apă distilată și o pompă dozatoare 7, o capacitate 16 pentru uleiul rafinat dotată cu o pompă 17, un reactor 9 pentru rafinare și trans-esterificare, în interiorul căruia sunt amplasate un dispersator al bioxidului de carbon, un agitator și un dispersator al apei distilate, la reactor fiind unite consecutiv un ejector 14, un agitator hidrodinamic turbionar 12, constituit dintr-un corp tubular cu elemente de sârmă amplasate pe spirală în interiorul acestuia, un cavitator magnetodinamic 11 cu impulsuri, constituit dintr-un corp tubular din material diamagnetic, de partea exterioară a căruia este instalat un inductor de câmp magnetic giratoriu, iar în interior sunt amplasate particule metalice cilindrice din material magnetic moale, fiind unit cu un agitator 10; totodată instalația mai include un reactor 13 pentru reactive, o pompă centrifugă ermetică 8, robinete 28, 29, 30 și supape 31, 32, 33,...51.

Rafinarea uleiurilor și obținerea biocombustibilului în baza metil-esterilor acizilor grași se efectuează în instalația ce include rezervoare pentru uleiul vegetal, alcoolul metilic și apa demineralizată, reactoare pentru obținerea metoxidului și pentru reacțiile de trans-esterificare catalitică și neutralizare, la care sunt conectate o pompă de vid, un condensator, o pompă centrifugă ermetică, o butelie cu dioxid de carbon, un ejector, un agitator tubular. Totodată, instalația suplimentar include un filtru de vid dotat cu sistem de spălare a stratului de perlită pentru rafinarea și filtrarea uleiurilor inițiale brute, precum și, consecutiv unite, un agitator tubular hidrodinamic și turbionar, având consecutiv situate în el elemente din sârmă arcuite în formă de Z, dispuse în formă de spirală pe lungimea internă a corpului, fixate din ambele părți, și un cavitator magnetodinamic cu impuls, care include un corp tubular din material diamagnetic, de partea exterioară a căruia este instalat un inductor (generator) de câmp electromagnetic rotativ cu variator de curent electric trifazat, iar în interior, pe rețea, sunt dispuse particule cilindrice de metal din material magnetic moale, cu posibilitatea magnetofluidizării lor intensive circulare, rotativ-propulsive, în câmp electromagnetic giratoriu, de asemenea un cavitator turbionar de tipul „tornado”, acestea fiind instalate înaintea reactorului pentru trans-esterificare catalitică și neutralizare cu dispersator pentru bioxidul de carbon, un distilator cu sistem de introducere dozată a apei distilate în reactor, dotat cu un sistem de distilare a vaporilor de metanol pentru recuperarea acestuia, totodată concentrația particulelor cilindrice în cavitatorul magnetodinamic cu impuls este în limitele de 2,6...5,5% din volumul camerei, iar raportul lungimii acestor particule la diametru se situează în limitele 5...16, iar diametrul constituie 1,5...2 mm.

La baza obținerii biocombustibilului stă procesul de trans-esterificare a uleiurilor vegetale cu alcooli (preponderent alcool metilic sau etilic). Ca rezultat al catalizei alcaline omogene, în care rolul de catalizator îl au hidroxidul de sodiu sau de potasiu, reacția de trans-esterificare intermoleculară și intramoleculară decurge la temperatura de 60°C după schema:

Agitatorul hidrodinamic tubular și turbionar 12 include corpul cilindric cu scurgere 19 cu elemente din sârmă 20 arcuite în formă de Z și consecutiv dispuse în el în formă de spirală, cu interval între ele, consecutiv față de axă pe lungimea corpului și fixate din ambele părți. Elementele de sârmă în formă de Z se execută cu diametrul de 1...2 mm și mărirea intervalului la baza corpului de 1...2 mm, cu frecvența, coeficientul unghiular al spiralei și lungimea amplasării stabilită. Deformarea elastică a elementelor din sârmă permite fixarea lor imobilizată în interiorul corpului tubular.

Datorită unei asemenea construcții fluxurile de lichid se mișcă pe spirală și penetrează elementele-separatoare, asigurând o turbulență intensivă a volumului total de amestec de ulei și metoxid transmis. Totodată, rezistența hidraulică totală a fluxului de lichid în țevă este minimală.

Cavitatorul magnetodinamic cu impuls 11 include corpul tubular 21 din material diamagnetic, de partea exterioară a căruia este instalat inductorul 22 de câmp electromagnetic rotativ (statorul electromotorului), iar în interior sunt amplasate particulele feromagnetice cilindrice asimetrice 23 din material magnetic moale, dispuse astfel încât să fie posibilă mișcarea intensivă circulară rotativ-progresivă a fluidizării magnetice.

Specificul funcționării cavitatorului magnetic hidrodinamic constă în faptul că atunci când se aplică curent alternativ la inductorul 22 și se atinge inducția câmpului magnetic rotativ corespunzătoare începutului fluidizării magnetice, se produce „exploziv” lichefierea generală a particulelor asimetrice magnetic moi 23. În această situație particulele se rotesc cu viteză unghiulară alternativă în jurul axei, deplasându-se haotic în volumul stratului, în același timp se produce și girația circulară rotativ-progresivă a întregului strat în direcția rotirii câmpului. Ca rezultat al acestui fenomen particulele capătă viteză mare progresiv-rotativă, de aceea o mare parte a energiei cinetice a particulelor se consumă la ciocnirile reciproce și cu suprafața corpului, precum și la formarea unei multitudini de hidrociocniri, care contribuie la apariția cavității volumice în mediul lichid.

Parametrii tehnologici de bază ai procesului din stratul magnetofluidizării sunt valoarea inducției magnetice a câmpului magnetic rotativ extern, concentrația volumetrică a particulelor cilindrice magnetic moi, concentrația optimă a cărora se situează în limitele 2,6...5,5%, vol., iar raportul lungimii acestora la diametrul lor (l/d), în timp ce diametrul este de 1,5 mm, constituie 5...16.

Instalația funcționează astfel.

Pentru filtrare și rafinare uleiul brut obținut prin presare (cu indicele de acid înalt) se debitează în cada cu tambur a filtrului de vid M8-CFU, unde se află stratul spălat de praf de perlită pentru filtrare, precum și amestecul de perlită cu ulei pregătite în capacitatea 18. Se conectează pompa de vid 3 și uleiul brut, datorat vidului, trece prin stratul spălat de perlită și ajunge în una din secțiunile colectorului 2. După umplerea volumului uneia din secțiunile colectorului 2 până la un anumit nivel, mecanismul de acționare cu vid se reconectează la o altă secțiune a colectorului 2 cu ajutorul robinetelor cu trei căi 28 și 29.

Uleiul filtrat din secțiunea umplută a colectorului 2 la deschiderea robinetului 31 (robinetul 50 închis) și robinetului 37 (robinetul 40 închis) cu ajutorul pompei ermetice centrifuge 8 prin robinetele 39, 43 deschise (robinetele 36, 46, 47 – închise), trece printr-o conductă în ejector 14 și mai departe prin agitatorul hidrodinamic turbionar 12, cavitatorul magnetodinamic cu impuls 11, agitatorul „tornado” 10 și nimerește în reactorul 9.

În cazul indicelui de acid înalt ($I/A > 1$ mg KOH/g) uleiul trebuie supus rafinării. În acest scop reactorul 9 se umple cu ulei filtrat prin procedeul indicat mai sus, se încălzește până la temperatura stabilită cu ajutorul încălzitorului electric instalat în reactor și se introduce în partea de sus a reactorului 9 acid ortofosforic, apoi uleiul se amestecă minuțios cu ajutorul agitatorului reactorului 9. Separat, în reactorul pentru reactive 13 se pregătește soluția alcalină (robinetul 44 - închis). În reactorul pentru reactive 13 prin conductă și robinetul 51 deschis se debitează apă până la un nivel stabilit, la care containerul din plasă al reactorului pentru reactive 13 umplut cu alcaliu solid este pe deplin scufundat în apă. Se include malaxorul reactorului pentru reactive 13 și se efectuează agitarea minuțioasă a soluției de bază alcalină. Apoi se deschid robinetele 44, 43, 39, 40 (robinetele 36, 37, 45, 46 și 47 – închise), se conectează pompa centrifugă ermetică 8 și soluția de alcaliu, atrasă în fluxul de ulei filtrat pompat din reactor 9 cu ajutorul ejectorului 14, trecând prin agitatorul hidrodinamic turbionar 12, cavitatorul magnetodinamic 11 și agitatorul „tornado” 10, se agită minuțios și este debitat în reactorul 9. După ce o anumită cantitate de soluție alcalină din reactorul de reactive 13 ajunge în reactorul 9, robinetul 17 se închide și agitarea se efectuează în continuare prin acțiunile comune ale pompei centrifuge ermetice 8 și agitatorului reactorului 9.

Apoi, după un anumit timp, se deconectează agitatorul reactorului 9, pompa centrifugă ermetică 8 și amestecul se menține în stare de repaus pentru finalizarea reacției de rafinare. După aceasta uleiul rafinat din reactorul 9 este debitat în rezervorul pentru ulei 16 prin robinetele 40 și 36 cu ajutorul pompei centrifuge ermetice 8 (robinetele 39 și 37 – închise).

Pentru filtrarea uleiului rafinat pe tamburul filtrului de vid 1, cu ajutorul instalației pentru pregătirea amestecului de perlită cu ulei se depune un strat de perlită. În recipientul instalației pentru pregătirea amestecului de perlită cu ulei se încarcă o anumită cantitate de praf de perlită pentru filtrare, apoi tot aici se debitează uleiul rafinat și filtrat, pregătit din timp, amestecul se agită minuțios într-un ciclu închis cu ajutorul pompei instalației pentru pregătirea amestecului de perlită cu ulei (robinetul cu trei căi 30 este deschis spre recipient). Amestecul pregătit astfel mai apoi, cu robinetul 30 deschis spre descărcare, cu ajutorul pompei instalației pentru pregătirea amestecului de perlită cu ulei se pompează în cada tamburului filtrului de vid 1, se conectează pompa de vid 3 și începe depunerea stratului de perlită pentru filtrare pe tambur.

După formarea unui strat de perlită pentru filtrare de o anumită grosime pe tambur, din rezervorul pentru ulei 16, se debitează ulei rafinat. Procesul filtrării decurge astfel: uleiul rafinat și filtrat, trecând prin stratul depus de perlită, ajunge în colectorul 2 complexului de filtrare cu vid, apoi cu ajutorul pompei centrifuge ermetice 8 – în reactorul 9. Săpunurile și alte incluziuni mecanice, care rămân pe partea externă a tamburului filtrului de vid se taie cu un cuțit special împreună cu un strat subțire de perlită și se acumulează ca deșeu într-un container special.

Pentru obținerea biocombustibilului, uleiul rafinat și filtrat din reactorul 9 se încălzește cu ajutorul încălzitoarelor electrice până la temperatura prevăzută de regulamentul tehnologic; concomitent în reactorul pentru reactive 13 se pregătește metoxidul, ca produs al interacțiunii bazei alcaline și alcoolului metilic. Pentru aceasta în reactorul pentru reactive 13 într-un container de sită se încarcă o cantitate anumită de catalizator – bază de sodiu sau potasiu în stare uscată, apoi prin robinetul 51 deschis se introduce metanol. Se conectează agitatorul și se amestecă minuțios metanolul cu catalizatorul.

Când temperatura uleiului rafinat și filtrat atinge valoarea necesară (încălzirea se efectuează la agitare continuă a uleiului cu agitatorul reactorului 9), în uleiul rafinat și filtrat se introduce metoxidul din reactorul pentru reactive 13. Pentru aceasta se deschid robinetele 44, 43, 39 (robinetele 45, 46, 47, 36, 37 – închise), se conectează pompa centrifugă ermetică 8 și începe pomparea uleiului în ciclu închis. Fluxul de ulei, cu ajutorul ejectorului 14, datorită vidului creat atrage în flux metoxidul. Se debitează circa 70% din metoxidul pregătit. Totodată, trecând prin agitatorul tubular hidrodinamic turbionar 12, cavitatorul magnetodinamic cu impuls 11 și agitatorul „tornado” 10, metoxidul cu uleiul rafinat și filtrat se amestecă puternic datorită regimurilor cavitaționale intensive hidrodinamice și electromagnetice combinate. Aceasta asigură accelerarea interacțiunii maselor reactante ale uleiului vegetal și metoxidului în procesul de trans-esterificare și intensificarea procesului de formare a esterilor metilici ai acizilor grași, proces, care în aceste condiții decurge destul de repede.

La sfârșitul reacției de trans-esterificare se deconectează pompa centrifugă ermetică 8, mecanismul de acționare a agitatorului reactorului 9 și lichidul se lasă până la stratificare: stratul de deasupra – esterii metilici ai acizilor grași, și stratul de jos – de glicerină.

Glicerina, prin intermediul pompei centrifuge ermetice 8 (robinetele 40, 39 și 45 – deschise; robinetele 43, 46, 47, 36 și 37 – închise), se acumulează în rezervoare speciale (nu sunt parte a instalației).

Pentru sporirea randamentului esterilor metilici ai acizilor grași, reacția de trans-esterificare poate fi repetată. În acest scop în reactor 9 se debitează partea de metoxid rămasă în reactorul pentru reactive 13 (circa 30%), se repetă operațiunea de amestecare cavitațională, produsele se decantează și glicerina formată se îndepărtează. Apoi esterii metilici ai acizilor grași sunt supuși consecutiv neutralizării și spălării cu apă distilată.

Neutralizarea esterilor se efectuează prin adăugarea de bioxid de carbon, CO₂, prin robinetul deschis în barbotorul instalat în partea de jos a reactorului 9.

Spălarea se efectuează cu apă distilată de la distilatorul 5, alimentat cu apă de robinet. Pentru aceasta din rezervorul de apă distilată 6 cu ajutorul pompei-dozaor 7 apa distilată prin robinetul 35 ajunge în instalația de dispersare cu injecție, situată în partea de sus a reactorului 9, prin care apa se dispersează în reactorul 9. Amestecarea se oprește în timpul dispersării pentru a preveni formarea emulsiei apă/ulei. Amestecul este lăsat pentru stratificare. Apa, în acest timp, se acumulează în partea de jos a reactorului 9, după ce, cu ajutorul pompei centrifuge ermetice 8 prin robinetele 40, 39 și 46 se îndepărtează din reactor (robinetele 43, 36, 37, 45 și 47 - închise). Spălarea se repetă de câteva ori pentru îmbunătățirea calității produsului.

Esterii spălați se supun uscării în vid pentru îndepărtarea cantităților restante de metanol și apă. Pentru aceasta se conectează pompa de vid 3 (robinetele 33, 32 și 41 – deschise, robinetul cu trei căi 29, robinetele 34 și 42 – închise), esterii metilici ai acizilor grași se încălzesc inițial până la temperatura de fierbere a metanolului (circa 65°C), în condensatorul 4 se dă apa de răcire, în care vaporii de metanol se condensează. Din condensatorul 4 apa se îndepărtează prin deschiderea robinetului 34, se acumulează într-un recipient special și se transmite spre purificare și utilizarea repetată. Îndepărtarea apei din fracția esterilor se efectuează prin ridicarea temperaturii în reactorul 9 pentru evaporarea cantităților remanente de apă din amestecul de esteri.

Când analizele de laborator stabilesc nivelul admisibil al conținutului restant de metanol și umiditate procesul uscării în vid se termină și biocombustibilul cu ajutorul pompei centrifuge ermetice 8 (robinetele 40, 39 și 47 – deschise, robinetele 36, 37, 45, 46 – închise) se transmite la filtrarea finală și purificarea cu sorbenți.

După evacuarea esterilor reactorul 9 se spală cu detergenți și apoi ciclul de lucru se repetă.

Astfel se asigură atingerea obiectivelor propuse privind procesarea complexă a grăsimilor vegetale și animale supunându-le rafinării și filtrării pentru a obține produsul comercial separat, cât și posibilitatea de efectuare a procesului de trans-esterificare în condiții intensificate, sporind randamentul biocombustibilului.