

Муштрук М., аспірант, Сухенко Ю., д-р техн. наук., професор, Сухенко В., канд. техн. наук, доцент (Національний університет біоресурсів і природокористування України)

Виробництво дизельного біопалива з технічних тваринних жирів

Розглянуто технологічний процес для виробництва дизельного біопалива з технічних тваринних жирів. Обґрунтовано застосування процесів естерифікації та переестерифікації жирів для отримання біопалива, що за якістю відповідає чинним стандартам.

Ключові слова: дизельне біопаливо, технічний жир, метиловий ефір, естерифікація, переестерифікація, мобільний завод.

Суть проблеми. Економія енергоносіїв нафтового походження, необхідність зменшення викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами дизельних двигунів, а також обмеження емісії діоксиду вуглецю в атмосферу змушують більшість країн вести пошук шляхів зниження рівня впливу теплових двигунів на навколишнє середовище. Залежність від імпорту нафти розглядається більшістю країн також в аспекті національної, економічної та енергетичної безпеки. Саме це визначає актуальність досліджень і технологічних розробок, спрямованих на диверсифікацію сировинної бази, пошук альтернативних моторних палив [1].

Не підлягає сумніву, що в усьому світі витрати невідновлюваних енергоносіїв нафтового походження постійно зростають. Покрити ці потреби стає все важче, і головне – дорожче. Мобільність людей, застосування енерговитратних технологій призвели до стрімкого зростання попиту на моторне паливо, що негативно позначилося на стані навколишнього середовища.

В останні роки досить актуальною стала загальносвітова проблема заміни нафти, з якої виробляється близько 99% моторних палив, на альтернативні види сировини, насамперед газ і вугілля, світові запаси яких досить великі [2]. З них уже сьогодні виробляють моторні палива (компанії SASOL, BP, Shell Malaysia, Exxon Mobil Qator та інші). Однак вугілля та природний газ, як і нафта, є непоновлюваними сировинними енергоресурсами. Виробництво і застосування палив з цих видів сировини сприяє посиленню парникового ефекту через викиди CO₂ в атмосферу. Найбільш прийнятним видом поновлюваної сировини для палив є біомаса [3]. Вже розроблено отримання альтернативних дизельних біопалив з технічних рослинних і тваринних жирів. Їх отримують переважно в результаті хімічної реакції переестерифікації олій або жирів зі спиртами (метиловим, етиловим та ін.) в присутності каталізаторів. Продуктами реакції, як правило, є моноєфіри, відомі як метилові ефіри жирних кислот – біодизель та гліцерин. У Європі та США метилові ефіри жирних кислот (Fatty Acid Methyl Ester-FAME) давно застосовують у дизельних двигунах [4].

Мета досліджень – обґрунтувати технології і обладнання для синтезу дизельного біопалива з технічних тваринних жирів.

Результати досліджень. Технічний тваринний жир для виробництва дизельного біопалива підлягає попередній обробці, яка включає:

- 1) плавлення;
- 2) Поділ розплавленої жиру-води-білкової суміші центрифугуванням на твердий осад і жиру-водяну емульсію;
- 3) Сепарування жиру-водяної емульсії для отримання зневодненого жиру.

Технологічна схема попередньої обробки жиру (рис. 1) передбачає нетривалу термічну обробку сировини за відносно помірних температур, що дозволяє зберегти кормову й поживну цінність відходів.

Процес виготовлення дизельного біопалива складається з кількох етапів, які реалізуються в жиру-очисному та естерному модулях заводу.

Технологічний процес виробництва дизельного біопалива реалізується таким чином (рис. 2): біомаса подається в змішувач-запарник 2, де сировина плавиться й розпарюється протягом 1-1,5 год за температури 90-95 °С при постійному перемішуванні електричною мішалкою 1; далі подається гаряча вода за температури 90-95 °С у співвідношенні 1:1 з сировиною; після завантаження води суспензія перемішується протягом 20 хв, а потім перекачується із змішувача-запарника на відстійну центрифугу 48 за допомогою насоса 50; центрифуга 48 відбирає тверді частки, більші за 50 мкм.

Подальше очищення жиру відбувається на сепараторах грубого 5 і тонкого очищення 7. Отриманий очи-

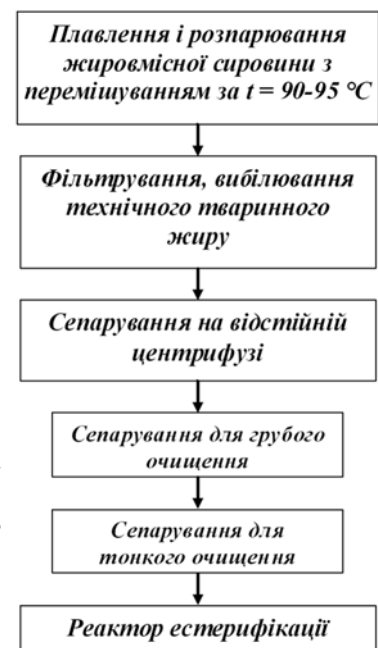


Рис. 1 – Схема попередньої обробки технічного тваринного жиру для виробництва дизельного біопалива

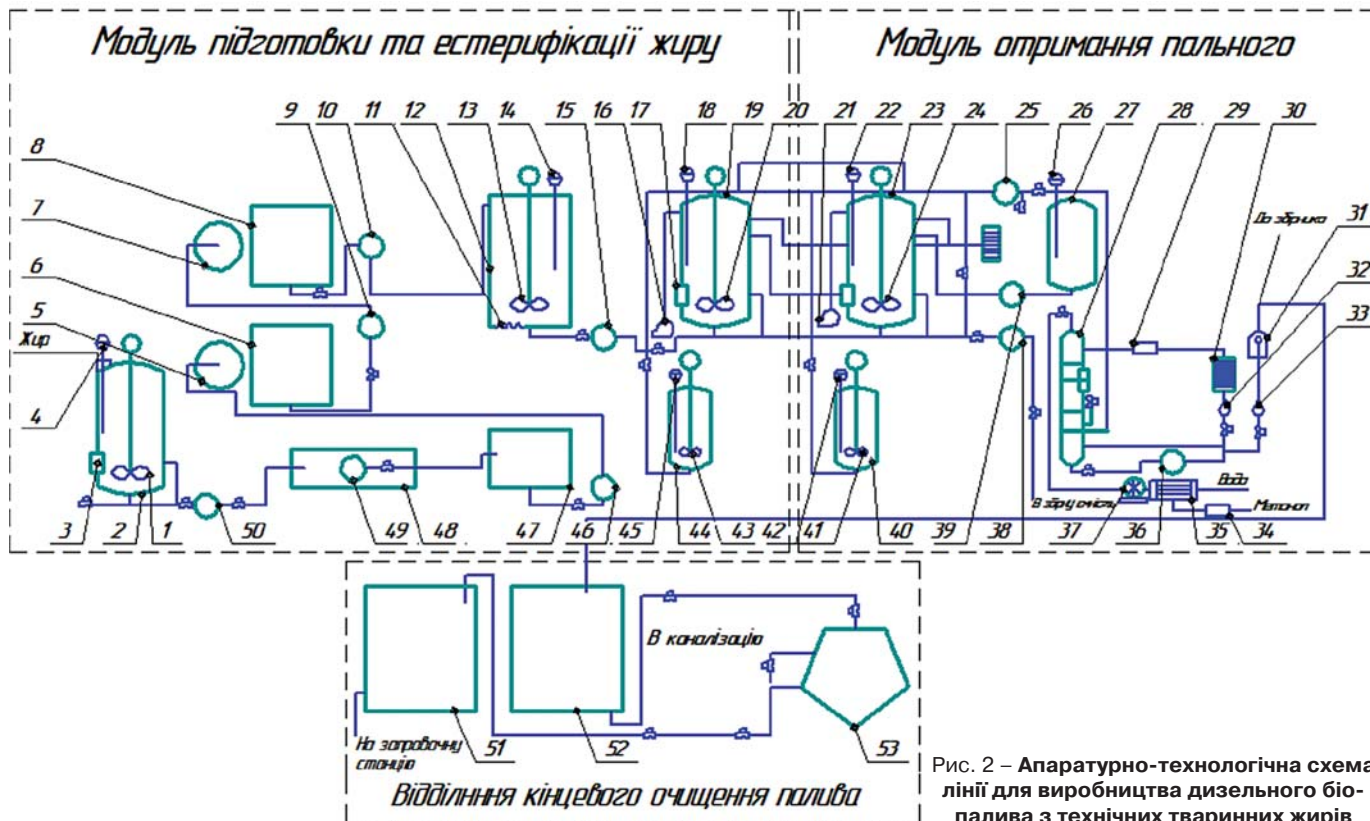


Рис. 2 – Апаратурно-технологічна схема лінії для виробництва дизельного біопалива з технічних тваринних жирів

щений жир за допомогою насоса 10 перекачується у проміжну місткість 12, обладнану лопатевим змішувачем 13, нагрівачем 11 і рівнемірором 14. Зі збірника 12 жир насосом 15 подається в реактор естерифікації 19, обладнаний нагрівачем 17, термостатом, рівнемірором 18 і лопатевою мішалкою 20, де забезпечується доведення очищеного жиру до відповідного рівня кислотності проведенням реакції естерифікації з використанням розчину сірчаної кислоти і метанолу, який подається в реактор 19 насосом 25 з місткості 44.

Попередньо очищений і підігрітий до температури реакції переестерифікації жир насосом 39 через пластинчастий теплообмінник подається в реактор 23, обладнаний лопатевим 20 і кавітаційним (не показано) змішувачами, термометром, датчиком рівня рідини 22 і витяжним вентилятором 21.

В апараті 40, обладнаному лопатевим змішувачем 41 та датчиком рівня 42, попередньо готується спиртово-каталітичний розчин (наприклад, метиловий спирт та їдкий калій), який подається насосом 25 у реактор 23. За постійного перемішування і підігрівання в реакторі утворюються естери (наприклад, метилові ефіри жирних кислот тваринного жиру, які за хімічним складом та властивостями близькі до мінерального дизельного палива).

Після завершення реакції переестерифікації та відстоювання реагуючої суміші з реактора 23 насосом 38 видаляється гліцерол (сирий гліцерин). Потім у реактор насосом 39 подається попередньо підготовлений мийний розчин (кислий або нейтральний) з місткості 27, обладнаної датчиком рівня 26. Цей розчин дозволяє попередньо відбирати з палива мило, метанол і поверхнево-активні речовини, що випадають в осад, який видаляється з реактора насосом 38, акумулюється у збірній місткості (на рис. 2 не показано) та відправляється на додаткову обробку для вилучення з

нього окремих корисних фракцій, які застосовують для приготування мийних засобів і змащувально-охолоджувальних рідин для металообробки.

Отримані естери з реактора 23, за допомогою напірного насоса 25 і циркуляційного 36, подаються через пластинчастий теплообмінник в роторну ректифікаційну установку 28, укомплектовану вакуумним насосом 37, де відбувається розділення продуктів реакції на естери, водяні і метилові пари та побічні продукти. Продуктивність ректифікаційної установки контролюється ротаметрами 32 і 33, а температура процесу – термометром 29.

Пари метанолу і води конденсуються в абсорбері 36, обладнаному термометром 34. Регенований метанол повертається в апарат 40, а вода – у спеціальний накопичувач для подальшого застосування як холодильного агента.

Попередньо очищені від води та метанолу жирові естери, пройшовши через систему фільтрів 31, заповнених адсорбентом «Амберлайт», додатково очищуються від води, гліцерину, мила і попадають у збірну місткість 52, з'єднану з сепаратором 53. У сепараторі 53 з естерів додатково виділяється конденсат води, який утворюється у транспортувальних трубопроводах, частинки адсорбенту, продукти гідроерозійного і кавітаційного руйнування крильчаток насосів і трубопроводів, залишкові включення гліцерину, мила і олії, яка не вступила в реакцію. Чисті естери збирають у місткість 51, а потім перекачують у заправну колонку.

Завдяки попередньому очищенню сировини і коригуванню кислотності жиру, використанню роторної ректифікаційної установки 28 і вакуумного насоса 37 (рис. 2) системи фільтрів 31 з адсорбентом «Амберлайт» та сепаратора 53 вдалося отримати дизельне паливо, яке за якістю відповідає вимогам європейського (EN 14214) [7] та вітчизняного (ДСТУ 6081:2009) [8] стандартів.

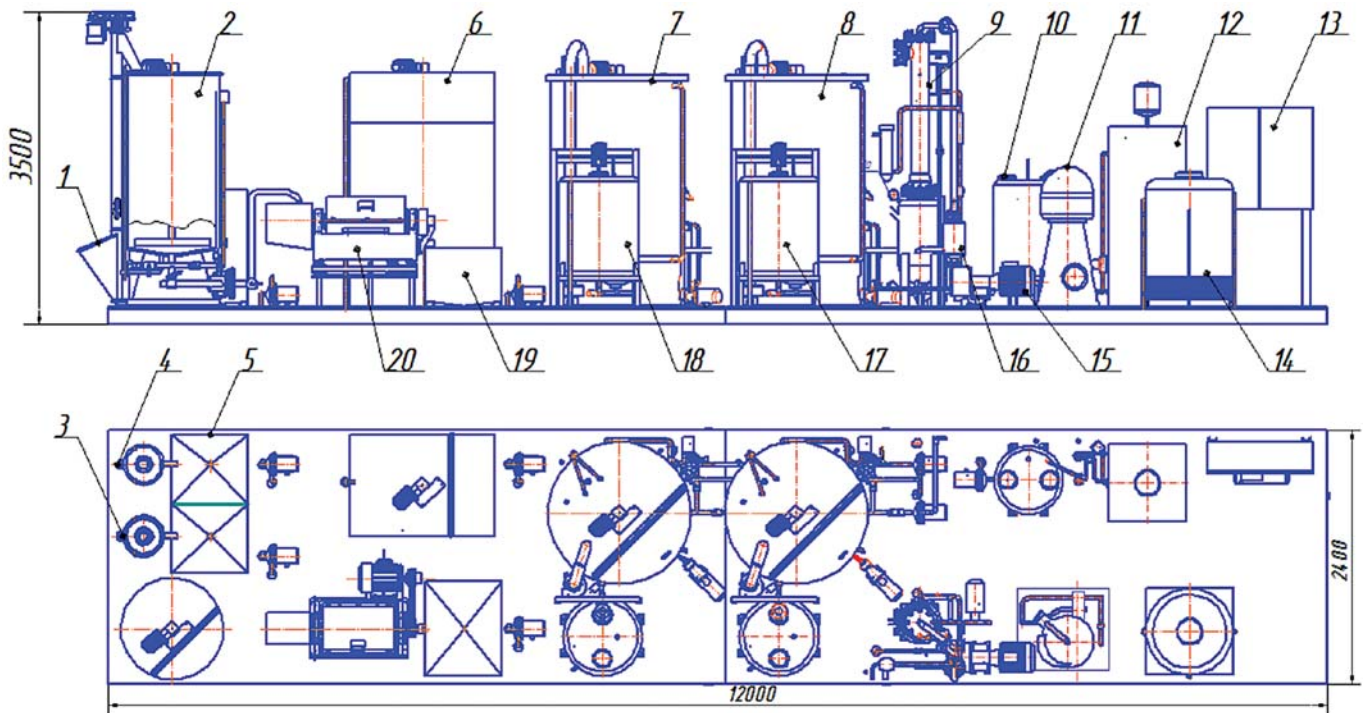


Рис. 3 – Схема розташування обладнання мобільного заводу для виробництва дизельного біопалива з ТЖ: 1 – транспортер; 2 – змішувач – запарник; 3 – сепаратор грубого очищення; 4 – сепаратор тонкого очищення; 5 – місткість для очищеного жиру; 7 – реактор естерифікації; 8 – реактор переестерифікації; 9 – роторний ректифікатор; 10 – місткість для мийного розчину; 11 – сепаратор; 12 – водонагрівач; 13 – шафа керування; 14 – градирня; 15 – вакуум-насос; 16 – абсорбер; 17 – місткість для суміші метанолу та КОН; 18 – місткість для суміші метанолу та H_2SO_4 ; 19 – місткість для водо-жирової емульсії; 20 – центрифуга, насоси, електродвигуни

Така технологія отримання дизельного біопалива з технічних тваринних жирів може бути реалізована на мобільному заводі, розташованому на двох металевих платформах розміром 12000×2400 мм (рис. 3), які легко транспортуються на автомобільних причепах-довгомірах.

Слід звернути особливу увагу на те, що для забезпечення необхідної якості біопалива необхідно ставити жорсткі вимоги до вихідної сировини. Жир, який надходить на переестерифікацію, повинен мати кислотне число не більше 2 мг КОН/г, йодне число 105-115, а неомилювана частка в ньому повинна бути не вищою 1% від маси [5]. Метанол, який надходить в реактор, повинен бути чистим (99,85%), і води в ньому має бути лише 0,1%. Сама ж вода, яку застосовують у технологічному процесі, повинна мати нейтральну реакцію [6].

Точне виконання технологічного регламенту виробництва дизельного біопалива забезпечується застосуванням мікропроцесора, вбудованого в шафу автоматичного керування міні-заводом. Система датчиків контролює температуру і об'єм реагентів, а сигнали від них надходять на мікропроцесор, який їх аналізує, співставляє в часі і контролює та реалізує всі операції технологічного процесу в автоматичному режимі. Жоден елемент технологічного регламенту не може бути пропущеним або неповністю виконаним, що гарантує високу якість палива завдяки повному проходженню реакцій естерифікації та переестерифікації технічного тваринного жиру.

Обслуговування запропонованого мобільного заводу просте, не потребує великих фізичних навантажень, прийняття складних рішень під час реалізації технологічного процесу та високої кваліфікації оператора.

За результатами досліджень розроблено комплект

конструкторської документації на мобільний завод для виробництва дизельного біопалива МЗДП продуктивністю 2000 літрів за добу (рис. 4), який експлуатується в Чигиринському районі Черкаської області

Обладнання мобільного заводу складається з двох послідовно з'єднаних платформ, на яких розміщено три модулі для виробництва дизельного біопалива. Перший модуль призначений для підготовки і естерифікації жирів, другий – для переестерифікації жирів і первинного очищення дизельного біопалива, а третій – для завершального очищення палива. Обладнання виготовлено ТОВ «ЕЛЕРОН» для Чигиринської аграрної Компанії.

Нові технічні рішення, закладені в технологічній схемі виробництва, дозволяють отримувати якісне біопаливо. Так, кінематична в'язкість палива за температури $40^\circ C$ становить $4,5 \text{ мм}^2/\text{с}$, що відповідає вимогам чинних стандартів ($3,5 - 5,0 \text{ мм}^2/\text{с}$), температура спалаху становить $140^\circ C$ (за євростандартом – не менше $120^\circ C$), що позитивно впливає на роботу дизельних двигунів. Густина палива за температури $15^\circ C$ становить $880 \text{ кг}/\text{м}^3$, що також у межах норми. Метанол, вода, сірка, гліцерин, механічні домішки та залишки мила у паливі зовсім відсутні, а тому його можна вважати екологічно чистим і безпечним у використанні. Цетанове число становить 53 (за стандартом – не менше 51), що забезпечує ефективне спалювання у двигуні, а кислотне число не перевищує $0,15 \text{ мгКОН}/\text{г}$ (за стандартом – не більше 0,5).

Висновки.

1. За результатами наукових досліджень обґрунтовано конструкційно-технологічні параметри мобільного заводу для виробництва дизельного біопалива з технічних тваринних жирів.

2. Дослідно-промислові випробування мобільного

Рис. 4 – Фрагмент мобільного заводу для виробництва дизельного біопалива



заводу показали, що його технічне і технологічне забезпечення дозволяє одержувати якісний продукт, який відповідає сучасним експлуатаційним вимогам до дизельного біопалива, що дозволяє його використовувати у двигунах без суттєвого переобладнання останніх.

3. Якість дизельного біопалива, виготовленого на мобільному заводі, відповідає вимогам ДСТУ 6081:2009 та EN 14214 : 2003.

Список літератури

1. Фукс, И. Г. Экологические аспекты использования топлив и смазочных материалов растительного и животного происхождения [Текст] / И.Г. Фукс, А. Ю. Евдокимов, А. А. Джамалов, А. Лукаса // Химия и технология топлив и масел. – 1992. – № 6. – С. 36-40.

2. Дубровін, В.О. Біопалива (Технології, машини і обладнання) [Текст] / В. О. Дубровін, М. О. Корчем-

ний, І. П. Масло та ін. – К.: ЦТІ "Енергетика та експлуатація", 2004. – С. 81-84.

3. Knothe G., Dunn R. O., Bagby M. O. Fuels and Chemicals from Biomass. Washington, D.C., 1997.

4. Стопский В.С. Химия жиров и продуктов переработки жирового сырья [Текст] / В.С.Стопский, В.В. Ключкин, Н.В. Андреев – М.: Колос, 1992. – 286 с.

5. Лакемеер. Е. П. Производство биоэнергии в Украине: конкурентоспособность сельскохозяйственных культур и другого сельскохозяйственного и лесохозяйственного сырья / Е. Лакемеер // Предложение. – 2007. – № 11. – С. 30-36.

6. Аблаев А.Р. Производство и применение биодизеля. Справочное пособие [Текст] / А.Р. Аблаев. – М.: АПК и ПРО, 2006. – 80 с.

7. <http://www.aascarburants.com/assets/files/pdf/Biodiesel-EN14214.pdf>

8. ДСТУ 6081:2009. Паливо моторне. Ефіри метилові жирних кислот олій і жирів для дизельних двигунів. Технічні вимоги [Текст] . – Введ. 2009. – М.: В-во стандартів, 2009.

Аннотация. Рассмотрен технологический процесс производства дизельного биотоплива из технических животных жиров. Обосновано применение процессов этерификации и переэтерификации жиров для получения биотоплива, которое по качеству соответствует действующим стандартам.

Summary. The description of technology and mobile plant for the production of biodiesel from animal fats technical. The application of the process of esterification and transesterification of fats for biodiesel, in accordance with the quality standards.

Стаття надійшла до редакції 28 лютого 2013 р.