

---

---

## МЕТРОЛОГІЯ ТА КВАЛІМЕТРІЯ ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ

---

---

УДК 528, 332.3

*Ю.Г. Сухенко, В.Ю. Сухенко, М.М. Муштрук*

### ДИЗЕЛЬНЕ БІОПАЛИВО І ЙОГО ЯКІСТЬ

Винахідник дизельного двигуна Рудольф Дизель в 1900 році на всесвітній виставці в Парижі демонстрував дизельний двигун, який працював на рослинній арахісовій олії [1]. Це вже потім, завдяки низькій ціні, нафтове паливо почало застосовуватись у дизельних двигунах і при їх подальшому удосконаленні основна увага приділялась нафтопродуктам [2].

Збіднення родовищ корисних копалин і необхідність заміни мінерального палива на відновлюване заставляє людство для виробництва моторних палив застосовувати рослинні олії, деревину, відходи переробних і харчових виробництв, біогаз, водорослі тощо.

За останні два десятиліття все збільшується використання дизельних палив, вироблених з рослинних олій [2-7]. Дослідження по застосуванню рослинних олій і палив на їх основі проводяться такими відомими двигунобудівними фірмами: Allis Chalmers, Caterpillar, Cummins, Jon Deere, Perkins, General Motors (США); Ricardo, Perkins (Великобританія); Mercedes-Benz, Volkswagen, MAN, Henkelhausen, Porsche, Hatz, Diesel (Германія); Volvo (Швеція); Toyota, Isuzu (Японія) та ін.

Проводяться також вагомні пошуки по застосуванню рослинних олій та їх ефірів в якості дизельного палива на теренах бувшого СРСР. Варто відмітити роботи МВТУ ім. Баумана, МДАУ ім. В.П. Горячкіна, Російського університету дружби народів, Клайпедського університету, Національного університету біоресурсів і природокористування України (м. Київ), Харківського політехнічного інституту, Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П.Василенка та ін.

На перший погляд технологія отримання метолових чи етилових ефірів жирних кислот рослинних олій здається надзвичайно простою (рис. 1), але це помилкова думка. Адже УкрНДПВТ ім. Л.Погорілого проводить приймальні випробування обладнання і дослідження якісних показників дизельного біопалива багатьох українських виробників. Належне за якістю обладнання і паливо, яке відповідало б стандартам, було далеко не у всіх. Це тому що апаратурно-технологічне забезпечення хімічного синтезу ефірів рослинних олій було виконане без повного врахування хіміко-технологічних характеристик рослинної сировини, кількісного співвідношення і якості хімічних реагентів, що застосовувалися в реакції переестерифікації і на стадіях очищення ефірів, температурних і часових інтервалів при проведенні окремих етапів технологічного процесу [7].

Спільні дослідження НУБіП України, УкрНДПВТ ім. Л.Погорілого та ТОВ «Елерон»: ((44) 405-54-18; (67) 501-23-35, e-mail: [suhenko@ukr.net](mailto:suhenko@ukr.net)) дозволили розробити такі апаратурно-технологічні схеми заводів для виробництва дизельного біопалива, які виключають отримання продукції низького гатунку і забезпечують відповідність палива названим вище стандартам. Це стало можливим завдяки використанню в їх модифікаціях (табл.1) інноваційних технічних рішень, захищених такими патентами України: № 73905 «Прес для отримання рослинної олії», опубл. 15.09.05, бюл. № 9; № 30417 «Спосіб отримання метилових ефірів жирних кислот ріпакової олії», опубл. 15.11.2000, бюл. №6; №71405 «Пристрій для нагрівання рідини», опубл. 15.11.04, бюл. № 11; №23758 «Спосіб

отримання метилових ефірів жирних кислот ріпакової олії», опубл. 11.06.07, бюл. №8; №27524 «Установка для стабілізації суміші вуглеводнів», опубл. 12.11.07, бюл. №13; № 31696 «Роторний ректифікатор», опубл. 25.04.08 бюл. № 8; № 36177 «Роторна ректифікаційна установка» опубл. 10.10.08, бюл. № 10.

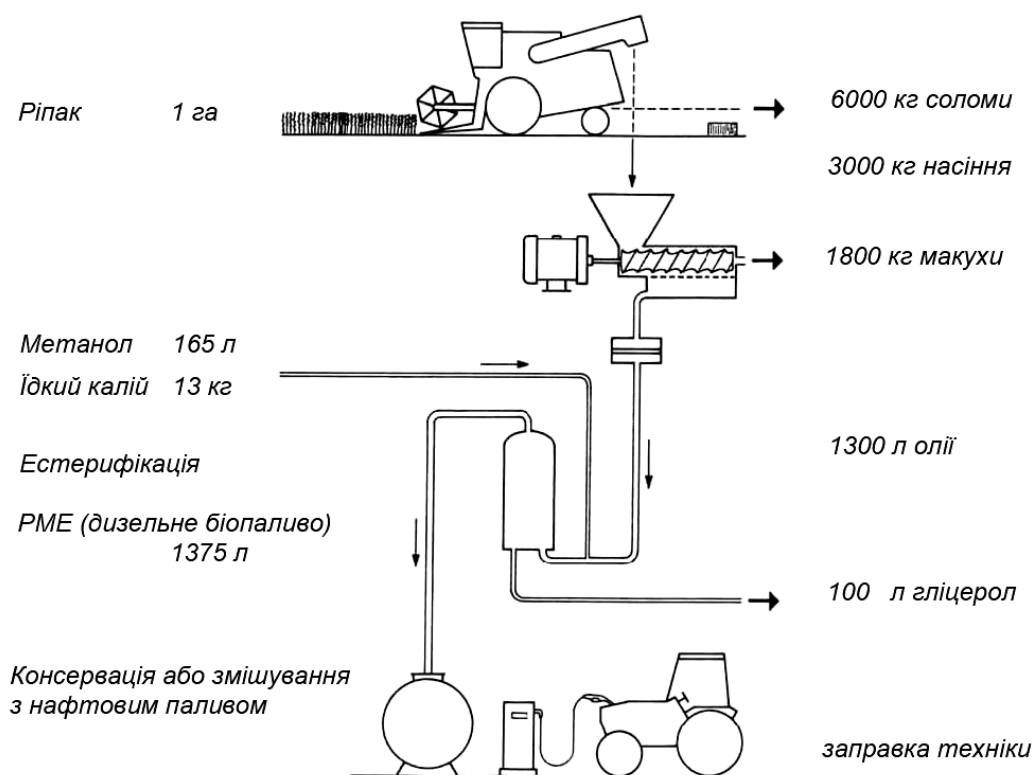


Рис. 1. Спрощена технологічна схема виробництва дизельного біопалива з ріпаку

За окремим замовленням можуть бути розроблені заводи більшої потужності.

Загальна схема просторової компоновки обладнання міні-заводу МЗДП -1, продуктивністю 2 тони дизельного біопалива на добу подана на рис.2. Добре продумані конструкції окремих машин і апаратів дозволяють розмістити обладнання, наприклад, на металевій платформі розміром 8000 x 2400, провести його повне налагодження в умовах виробника і відправити на автомобільному причепі-довгомірі замовнику. На місці запуску обладнання залишається лише підключити воду та електроенергію.

Технологічний процес виробництва дизельного біопалива реалізується наступним чином. Насіння ріпаку (соняшнику, сої, кукурудзи тощо) автоматично, за допомогою шнекового транспортера, подається на прес 1, який приводиться в дію мотор-редуктором 2 (рис. 3). Рівень насіння в бункері преса контролюється датчиками рівня 3 і 4, сигнали від яких поступають на контролер, вмонтований у шафу керування (на схемі не показана). При зниженні рівня насіння в бункері нижче щупа датчика 4 включається шнековий транспортер і насіння завантажується до рівня щупа датчика 3.

З преса насосом 5 олія подається у відстійник-очишувач 6, де за допомогою лопатевого осаджувача 7 звільняється від залишків макухи (фузу). Рівень олії у відстійнику контролюється датчиками 8 і 9. Попередньо очищена олія за допомогою насоса 10 подається на фільтр-прес 11, на якому тиск контролюється манометром 12, а потім, за допомогою насоса 13 перекачується у збірну ємність 14, обладнану лопатевим змішувачем 15, нагрівачем 16 і термометром 17 та рівнеміром. Фуз з відстійника 6 насосом 18 подається в олійний прес для повторного відтискання, а макуха з преса видаляється на стрічковий транспортер і транспортується у комбикормовий цех.

**Технічні характеристики малогабаритних заводів  
для виробництва дизельного біопалива**

Марка заводу	Тип заводу	Продуктивність по біопаливу, тонн/добу	Габаритні розміри, м	Маса обладнання, тонн	Установлена потужність, кВт	Коефіцієнт використання за потужністю	Кількість персоналу, чол.	Середній наробіток на відмову не менше, год
МЗДП-1	Контейнерний, модульний*	1,0-2,0**	8,0×2,4×2,9	6,5	44,09	0,50	1	2000
МЗДП-2	Контейнерний,	2,0	9,0×2,4×3,0	6,75	48,5	0,65	1	2000
МЗДП-3	модульний	3,0	9,5×2,4×3,1	6,9	50,2	0,70	2	2000
МЗДП-4	Контейнерний,	4,0	10,0×2,4×3,2	7,2	52,5	0,70	2	2700
МЗДП-5	модульний	5,0	12,0×2,4×3,5	7,5	55,0	0,75	2	3000
МЗДП-10	стаціонарний	10,0	12,0×4,8×4,0	11,5	85,0	0,80	3	3000

\* Завод має олійний, естерний та очисний модулі, які можуть поставлятися замовнику окремо

\*\* За умови комплектування двома додатковими місткостями об'ємом 1,2 м<sup>3</sup> для відстоювання палива

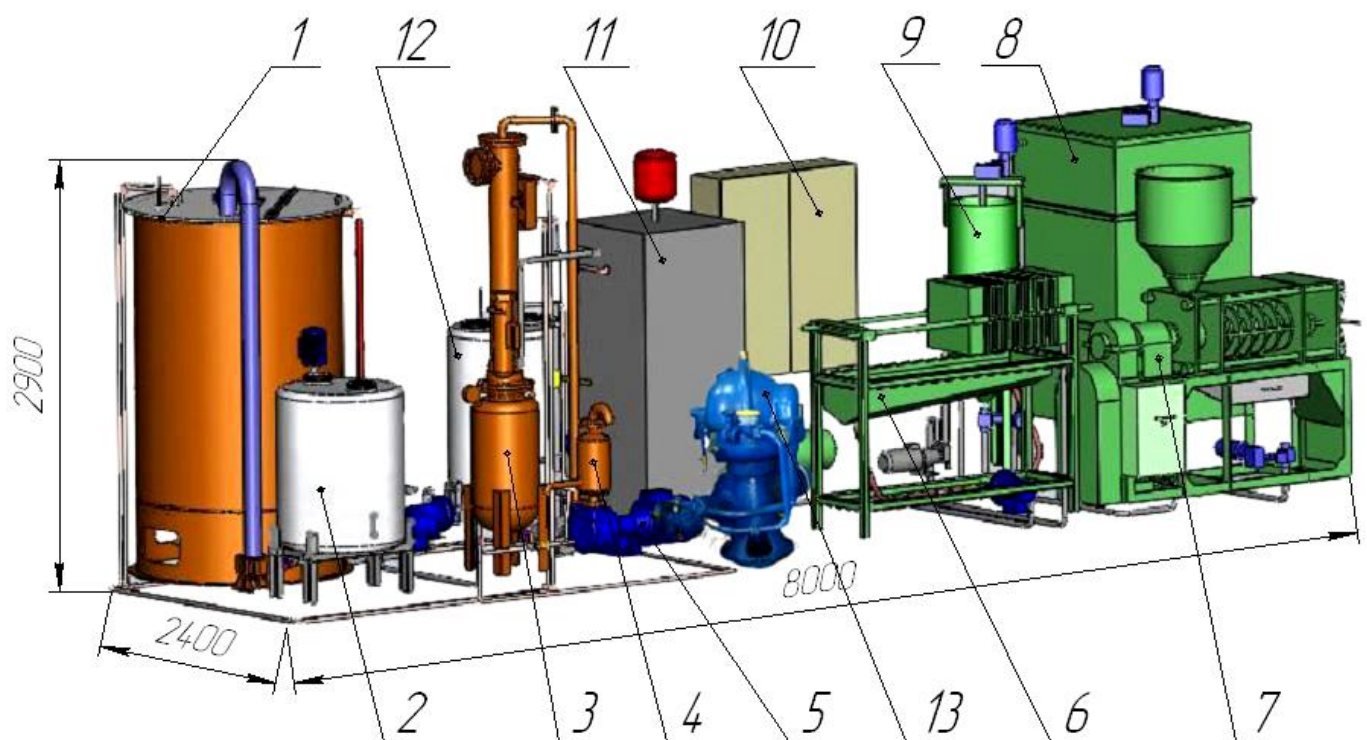


Рис. 2 – загальна схема обладнання міні-заводу МЗДП-1 для виробництва дизельного біопалива:

1 – реактор; 2 – істкість для суміші метанолу та КОН; 3 – парат ректифікації; 4 – дсорбер; 5 – вакуум-насос; 6 – ільтр-прес; 7 – ідтиский прес; 8 – істкість для накопичення олії; 9 – ідстійник; 10 – афа керування; 11 – одонагрівач; 12 – істкість для води; 13 – сепаратор

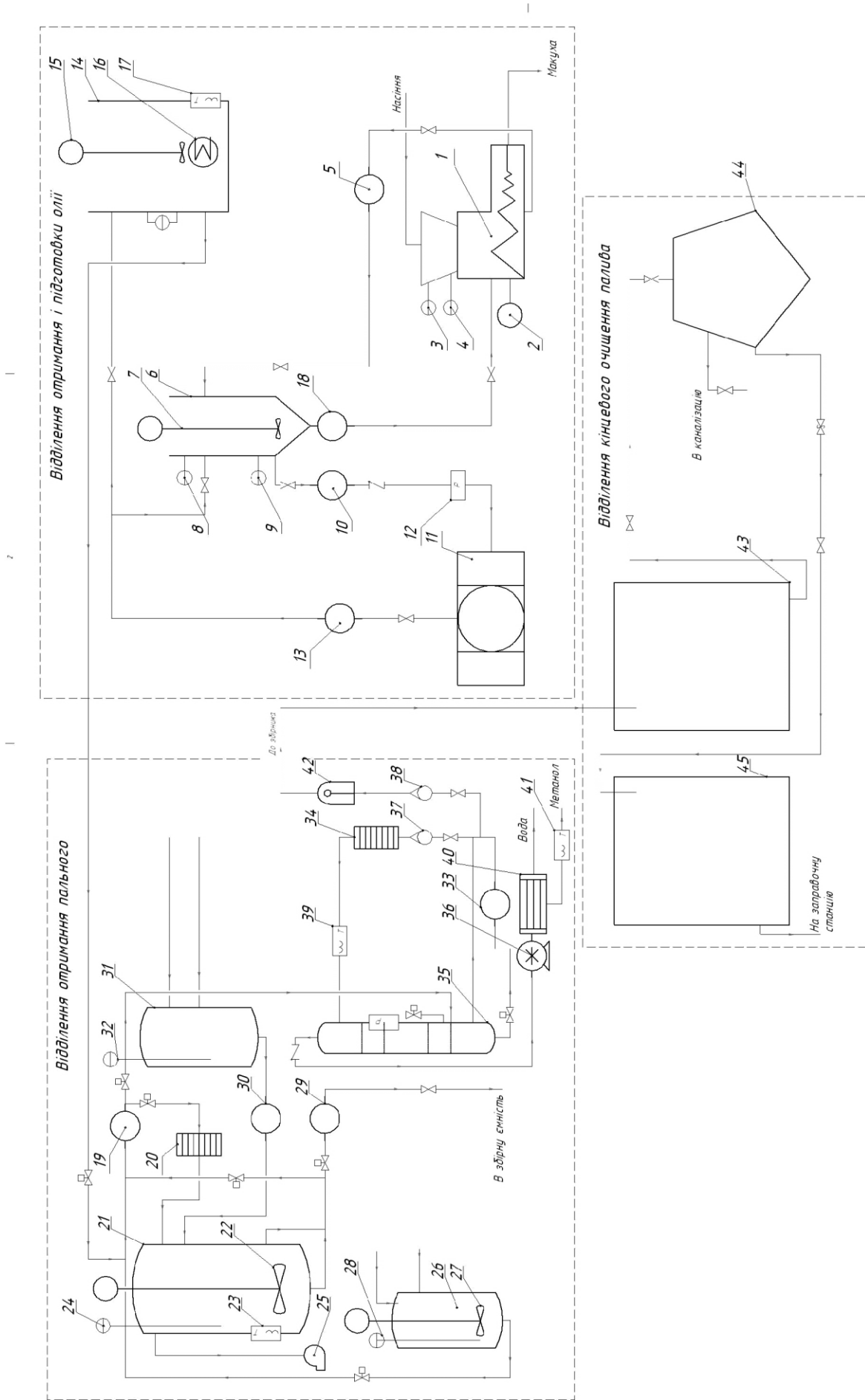


Рис. 3. Апаратурно-технологічна схема міні-заводу МЗП-1

---

У збірнику чистої олії 14 олія нагрівається до заданої температури, очищується від фосфатів адсорбентом «Фосфолісорб» та проводиться до відповідного рівня кислотності.

Попередньо очищена і підігріта до температури реакції переестерифікації олія насосом 19 через пластинчастий теплообмінник 20 подається у реактор 21, обладнаний лопатевим 22 і кавітаційним (не показаний) змішувачами, термометром 23, датчиком рівня рідини 24 і витяжним вентилятором 25.

В апараті 26, обладнаному лопатевим змішувачем 27 та датчиком рівня 28, попередньо готується спиртово-каталітичний розчин (наприклад, метиловий спирт та їдкий калій), який подається насосом 19 у реактор 21. При постійному перемішуванні і підігріванні у реакторі відбувається утворення естерів (наприклад, метилових ефірів жирних кислот ріпакової олії), які за хімічним складом та властивостями близькі до мінерального дизельного палива.

Після завершення реакції переестерифікації та відстоювання реагуючої суміші з реактора 21 насосом 29 видаляється гліцерол (сирий гліцерин). Потім у реактор насосом 30 подається попередньо підготовлений мийний розчин (кислий або нейтральний) з місткості 31, обладнаної датчиком рівня 32. Цей розчин дозволяє попередньо відбирати з палива мило, метанол і поверхнево-активні речовини, що випадають в осад, який видаляється з реакторанасосом 29, акумулюється у збірній місткості (на рис. 3 не показана) та відправляється на додаткову обробку для вилучення з нього окремих корисних фракцій, які застосовують для приготування мийних засобів і змішувально-охолоджувальних рідин для металообробки.

Отримані естери з реактора 21, за допомогою напірного 19 і циркуляційного 33 насосів, подаються через пластинчастий теплообмінник в роторну ректифікаційну установку 35, укомплектовану вакуумним насосом 36, де відбувається розділення продуктів реакції на естери, водяні і метилові пари та побічні продукти. Продуктивність ректифікаційної установка контролюється ротаметрами 37 і 38, а температура процесу – термометром 39.

Пари метанолу і води конденсуються в адсорбері 40, обладнаному термометром 41. Регенований метанол повертається в апарат 26, а вода – у спеціальний накопичувач для подальшого застосування в якості холодильного агента.

Попередньо очищені від води та метанолу олійні естери, пройшовши через систему фільтрів 42, заповнених адсорбентом «Амберлайт», додатково очищується від води, гліцерину, мила і попадають у збірну місткість 43, з'єднану з сепаратором 44. У сепараторі 44 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 45, а потім перекачуються у заправочну колонку.

Завдяки попередньому очищенню сировини від фосфатів і коригуванню кислотності олії з застосуванням адсорбенту «Фосфолісорб», використанню роторної ректифікаційної установки 35 вакуумного насоса 36 (рис. 4), системі фільтрів 42 з адсорбентом «Амберлайт» та сепаратора 44 вдалося отримати дизельне паливо, яке за якістю відповідає американському (FSTM D-6751), європейському (EN 14214) та вітчизняному (ДСТУ 6081:2009) стандартам.

Точне виконання технологічного регламенту виробництва дизельного біопалива забезпечується застосуванням мікропроцесора, вбудованого в шафу автоматичного керування міні-заводом (рис. 5). Система датчиків контролює температуру і об'єм реагентів, а сигнали від них поступають на мікропроцесор, який їх аналізує співставляє в часі і контролює і реалізує всі елементи технологічного процесу в автоматичному режимі. Жоден елемент технологічного регламенту не може бути невиконаним, або не повністю виконаним, що гарантує високу якість палива і повне проходження реакції переестерифікації.





Рис. 4. Вакуумний насос для осушування дизельного біопалива



Рис. 5. Шафа автоматичного керування заводом

Особливе місце в апаратному оформленні технологічного процесу займає роторна ректифікаційна установка, конструктивне виконання якої для заводів різної потужності може бути різним. На рис. 6 подана конструктивна схема установки для заводу продуктивністю 5 тонн дизельного біопалива на добу.

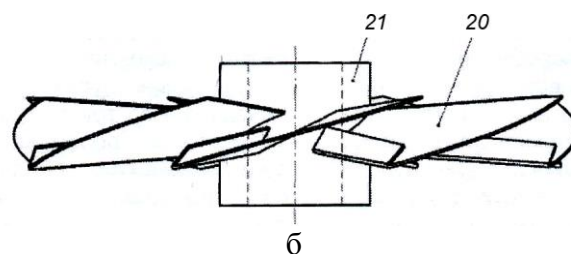
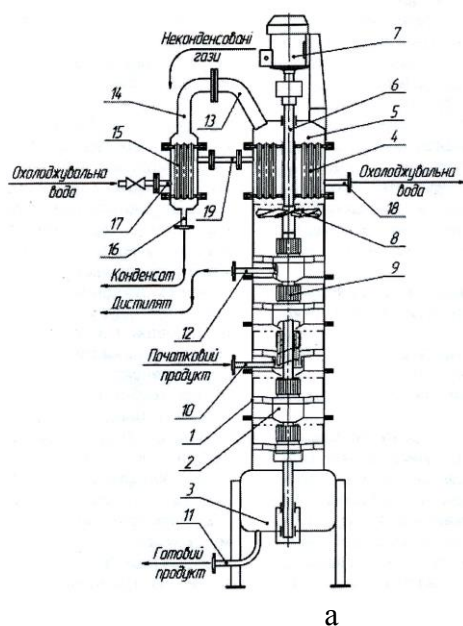


Рис. 6. Роторна ректифікаційна установка: а – принципова конструктивна схема; б – лопатеве робоче колесо

Роторна ректифікаційна установка складається з секційного корпусу 1, який утворюється з'єднанням циліндричних корпусів окремих масообмінних тарілок 2. Куб 3 розміщується під секційним корпусом. Вбудований вертикальний кожухотрубний конденсатор 4 приєднується до верхньої секції корпусу. Над конденсатором знаходиться камера 5 для неконденсованих парів та газів. Співвісно до корпусу ректифікатора розміщується вал 6, який приводиться в обертовий рух електродвигуном 7. На валу жорстко кріпляться лопатеве робоче колесо 8 для відбору конденсату і створення тяги в корпусі, та розпилюючі ротори 9 у кожній секції апарату. Для підводу початкової суміші в корпусі

---

встановлено вхідний патрубок 10. В нижній частині куба 3 розташовано патрубок 11 для відведення кубової рідини. З верхньою масообмінною тарілкою з'єднаний патрубок 12 для відведення дистилляту. З камери 5 виходить труба 13 для виведення не сконденсованих газів, яка приєднана до вхідного патрубку 14 винесеного додаткового конденсатора 15. Вихідний патрубок 16 винесеного додаткового конденсатора 15 призначений для виведення з роторної ректифікаційної установки конденсату найбільш низькокиплячих речовин початкового продукту. Патрубки 17 і 18 призначені, відповідно, для підведення та виведення охолоджувальної води з конденсаторної системи. Переточна труба 19 поєднує між собою охолоджувальні контури винесеного додаткового конденсатора 15 та вбудованого конденсатора 4.

Лопатеве робоче колесо 8 складається з лопатей 20, приєднаних до маточини 21, яка кріпиться під конденсаційними трубками на одному валу з розпилюючими роторами.

Роторна ректифікаційна установка працює наступним чином. Даний роторний ректифікатор є установкою безперервної дії комбінованого типу, яка складається з вичерпуючої (нижньої) частини, укріплюючої (верхньої) частини, вбудованого конденсатора та винесеного додаткового конденсатора. Початкова суміш через патрубок 10 подається на верхню тарілку вичерпуючої частини колони. Потім суміш захоплюється розпилюючим ротором 9 та розбивається на окремі краплини, які розбризкуються в об'ємі масообмінної секції. Оскільки відбувається безперервне живлення роторної ректифікаційної установки початковою сумішшю, то надлишок суміші послідовно переливається з вищої на нижчу секцію вичерпуючої частини установки. Пари низькокиплячих речовин, що утворилися на нижчих тарілках, в результаті випаровування низькокиплячих компонентів суміші під дією вакууму, вступають у масообмінну реакцію з краплинами, насичуються низькокиплячими компонентами і піднімаються далі в укріплюючу частину. З нижньої тарілки вичерпуючої частини кубова рідина стікає у куб 3 ректифікатора і постійно виводиться з нього через вихідний патрубок 11. Пари низькокиплячого компоненту з вищою температурою кипіння, пройшовши масообмінні тарілки вичерпуючої та укріплюючої частини, конденсуються у вбудованому конденсаторі 4. Конденсат стікає з конденсаційних трубок на лопаті 20 лопатевого робочого колеса 8. Лопаті мають клиновидну форму з широкою основою та бортом, розміщеним під кутом  $10^{\circ}$ - $50^{\circ}$  до основи. Вони жорстко кріпляться до маточини робочого колеса, розміщені під кутом  $5^{\circ}$ - $60^{\circ}$  до горизонту і піднята грань кожної лопаті на 10-40 мм перекриває опущену грань наступної. При цьому конденсат, що потрапляє на основу лопаті, відкидається з її поверхні відцентровою силою і стікає по краплевловлювачу на верхню тарілку укріплюючої частини апарату. Далі, аналогічно до руху початкового продукту, дистилат розбризкується розпилюючим ротором, при чому проводиться постійний відбір дистилляту із забірної чаші верхньої тарілки через патрубок 12, а надлишок дистилляту, у вигляді флегми, стікає на нижні тарілки укріплюючої частини. Одночасно, пари низькокиплячого компоненту з нижчою температурою кипіння (несконденсовані гази) проходять через конденсаційні трубки вбудованого конденсатора 4, камеру 5 і по трубі 13, для виведення несконденсованих газів, подаються до винесеного додаткового конденсатора 15 де конденсуються. Конденсат низькокиплячого компоненту з нижчою температурою кипіння виводиться з винесеного додаткового конденсатора через патрубок 16. В конденсаторну систему охолоджувальна вода подається через вхідний патрубок 17 і проходить спочатку охолоджувальний контур винесеного додаткового конденсатора 15, а потім, по переточній трубі 19, потрапляє в охолоджувальний контур вбудованого конденсатора 4 і виводиться з установки через вихідний патрубок 18. Застосування описаного типу конденсаторної системи дозволяє економити водянні ресурси, а також більш раціонально використовувати воду як холодоносії.

Використання такої конструкції роторної ректифікаційної установки дозволяє значно підвищити ефективність масообмінного процесу та кінцеву концентрацію і чистоту вихідних фракцій, знизити кількість втрат компонентів від краплевитягу та неповної конденсації, економити водянні, енергетичні ресурси та конструкційні матеріали спростити та здешевити

---

обслуговування та експлуатацію обладнання, зменшити виробничі площі енергетичні ресурси та конструкційні матеріали, та збільшити мобільність обладнання. Ректифікаційна установка дозволяє якісно розділити всі складові суміші, що утворюється в реакторі під час переестерифікації рослинних олій.

За умови використання для виробництва дизельного біопалива рафінованої олії і застосування описаної роторної ректифікаційної установки, можна значно спростити апаратурне і матеріальне забезпечення технологічного процесу, а саме:

- відпадає необхідність у використанні абсорбенту «Фосфолісорб» та адсорбенту «Амберлайт»;
- видалення з естерів води, метанолу, мила та гліцерину можна проводити безпосередньо у роторному ректифікаторі без використання абсорбера (поз. 40, рис. 3);
- відпадає необхідність у застосуванні сепаратора (поз. 44 рис. 3);
- немає необхідності у застосуванні проміжної місткості (поз. 43, рис.3)

Вже після ректифікаційної установки паливо повністю відповідає названим вище стандартам. Тому без таких удосконалень годі сподіватись отримати якісне паливо.

У УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого провів приймальні випробування міні-заводу МЗДП-1 у ВАТ «Проскурів» (м. Хмельницький), де він експлуатується.

В протоколі випробувань (від 27.11.07 р., № 01-44-07) відмічено, що за складом і комплектацією обладнання відповідає технічній документації, а якість біопалива відповідає вимогам стандартів.

Обслуговування обладнання просте, не потребує великих фізичних навантажень, напруженості праці, прийняття складних рішень під час виконання технологічного процесу та високої кваліфікації оператора. Основний технологічний процес автоматизовано і виконує його обладнання.

В завдання оператора входить керування обладнанням, спостереження за його роботою та проведення технічного і технологічного обслуговування. Органи керування та засоби відображення інформації розміщені відповідно в зоні легкої досяжності рук оператора і в зоні видимості його очей. Зусилля на органах керування не перевищують допустимих значень.

Технологічний процес проходить в достатньо герметичних умовах, тому викид шкідливих речовин в повітря зони дихання оператора виключений.

Рівні шуму в робочій зоні оператора не перевищують норми, а конструкція електрообладнання відповідає вимогам нормативних документів за показниками електробезпеки.

На відміну від аналогів міні-завод побудований за модульним принципом, легко вводиться в експлуатацію і транспортується (рис. 7).

Нові технічні рішення, закладені в конструкціях міні-заводів дозволили отримати якісне біопаливо (табл. 2). Так, кінематична в'язкість за температури 40<sup>0</sup>С становить 4.75 мм<sup>2</sup>/с, що відповідає вимогам стандартів (3,5-5,0 мм<sup>2</sup>/с), температура спалаху в закритому тиглі становить 175<sup>0</sup>С (за євростандартом не менше 120<sup>0</sup>С), що позитивно впливає на роботу дизельних двигунів. Густина палива за температури 15<sup>0</sup>С становить 883 кг/м<sup>3</sup>, 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 складає 53 (за стандартом не менше 51), що забезпечує ефективне спалювання у двигуні, а кислотне число не перевищує 0,13 мгКОН/г (за стандартом не більше 0,5).

Паливо, отримане на заводі, сертифіковане і придатне для використання у дизельних двигунах як у чистому вигляді, так і в сумішах з традиційним мінеральним паливом. УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого рекомендував освоїти серійне виробництво заводів.

Завод МЗДП-1 демонтувався на виставках «Інтер-АГРО 2006», «Україна аграрна 2007», «Агро-2007 НВЦ», «Агро-2008 НВЦ». Розробники отримали бронзову медаль



Міністерства аграрної політики України та Української академії аграрних наук. Завод безпечний в експлуатації і має високий рівень показників надійності.



Рис. 7. Відвантажений споживачеві міні-завод продуктивністю 2 тонни дизельного біопалива на добу

Таблиця 2

**Основні якісні показники виробленого біопалива**

№ п/п	Показники	Значення
1.	Кінематична в'язкість за температури 40°C, мм <sup>2</sup> /с	3,50-4,75
2.	Температура спалаху в закритому тиглі, °С	165-175
3.	Густина за температури 20°C, кг/м <sup>3</sup>	875-885
4.	Цетанове число	52-54
5.	Кислотне число, мгКОН/г	0,10-0,13
6.	Коксування, %	0,15-0,25
7.	Вміст метанолу, луку, води, сірки та механічних домішок	відсутні
8.	Відповідність стандарту EN 14214	відповідає

Результати виконаної роботи можуть бути реалізовані на підприємствах підпорядкованих Мінпромполітики, Мінагрополітики, Мінтрансу, сільськогосподарських і транспортних підприємствах та в нафтопереробній промисловості для отримання сумішевих палив. Особливо доцільно застосувати якісне біопаливо у великих містах для зменшення впливу викидів двигунів на людей та навколишнє середовище.

**ЛІТЕРАТУРА**

1. Mejer M. Der Traum von Rudolf Diesel wirt wahr // Schweiser Landtechnik. -1997. –Jg.59. –2. – p.16-19.
2. Девянин С.Н., Марков В.А., Семенов В.Г. Растительные масла и топлива на их основе для дизельных двигателей. –Харьков: Новое слово, 2007. – 452 с.

3. Грехов Л.В., Иващенко Н.А., Марков В.А. Топливная аппаратура и система управления дизелей. –М.:Изд-во «Легион-Автодата» 2004. – 344 с.
4. Лютко В.Н., Луканин В.Н., Хачиян А.С. Применение альтернативных топлив в двигателях внутреннего сгорания. –М.: Изд-во МАДИ «ГУ», 2000. –311 с.
5. Сухенко Ю.Г. Двигуни на рослинній олії: правда і вимисел // Світ. –1999. –№27–28. –С.3 .
6. Сухенко Ю.Г., Сухенко В.Ю., Бойко Ю.І. Завод для виробництва дизельного біопалива / Науково-технічні розробки та інноваційні технології НУХТ. –К.: НУХТ, 2008. – С.55–56.
7. Сухенко Ю.Г., Сухенко В.Ю., Кравчук В.І., Ясенецький В.А., Марченко В.Ю. Хіміко-технологічне забезпечення виробництва дизельного біопалива // Техніка АПК. –2008. –№6–7. – С.8–10.

УДК 621.396

*Богом'я'В.І.*

## ОСОБЛИВОСТІ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ГЕОСТАЦІОНАРНИХ КОСМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

*У даній статті розглядаються особливості ідентифікації геостаціонарних космічних об'єктів. Наведена методика ведення зонального каталогу геостаціонарних космічних об'єктів за умови відсутності даних про космічні апарати у міжнародних каталогах.*

**Ключові слова:** *методика ведення зонального каталогу, геостаціонарний космічний об'єкт*

У даний час приділяється значна увага спостереженню за космічними апаратами, які знаходяться на геостаціонарній орбіті та уточненню даних про їх місцезнаходження [1-5].

Відомо, що на космічний апарат впливають сили гравітації, тому він постійно змінює своє місцезнаходження. Для підтримки космічного апарата у визначених границях застосовуються коректувальні двигуни, які встановлені на самому космічному апараті та за допомогою яких здійснюються маневри щодо стабілізації космічного апарата. У випадку закінчення ресурсу космічного апарата він змінює місцезнаходження та починає рух до точок лібрації. Такі космічні апарати є блукаючими. Внаслідок того, що службова апаратура таких космічних апаратів не функціонує, з'являється імовірність зіткнення космічних апаратів.

Враховуючі обставини рідкого оновлення в відкритих каталогах або відсутності, спотворення даних щодо параметрів руху більшості космічних апаратів, завдання визначення параметрів космічних апаратів на геостаціонарній орбіті за допомогою існуючих власних засобів наземного автоматизованого комплексу управління космічними апаратами та завдання ведення й підтримка зонального каталогу геостаціонарних космічних об'єктів стають дуже актуальними. Застосування оптико-електронних та оптичних засобів обумовлено, насамперед, їх технічними можливостями щодо вимірювання кутових координат високоеліптичних космічних апаратів та космічних апаратів на геостаціонарній орбіті з високою точністю.

Одними з основних вимірювальних наземних засобів, які функціонують в рамках наземного автоматизованого комплексу управління космічними апаратами, є відокремлені радіотехнічні вузли (ВРТВ) (рис.1) та оптико-електронні системи «Сажень-С» (рис.2) [2].

ВРТВ функціонують в активному режимі та дозволяють виявляти та супроводжувати космічні об'єкти в зоні радіусом приблизно 5100 км, що дозволяє ідентифікувати більшість