

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(назва факультету)

Кафедра електричної інженерії
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему:

**Аналіз енергоефективності застосування біодизелю
та біоетанолу в Україні**

Виконав: студент 6 курсу, групи **ЕМм-61**

напряму підготовки (спеціальності)

**141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»**

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

	<hr/>	Федорів В.Р. (прізвище та ініціали)
Керівник	<hr/>	Тарасенко М.Г. (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<hr/>	Вакуленко О.О. (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	<hr/>	Тарасенко М.Г. (прізвище та ініціали)
Рецензент	<hr/>	Козак К.М. (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2020

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Тарасенко М.Г.

«_____» _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(шифр і назва)

студенту Федоріву Володимирі Руслановичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Аналіз енергоефективності застосування біодизелю та біоетанолу в Україні

Керівник роботи Тарасенко Микола Григорович, д.т.н., професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від 01 вересня 2020 року № 4/7-619

2. Термін подання студентом роботи 16 грудня 2020 р.

3. Вихідні дані до роботи _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Охорона праці</i>	<i>к.т.н., доц. Гурик О.Я.</i>		
<i>Безпека в надзвичайних ситуаціях</i>	<i>ст. викл. Клепчик В.М.</i>		

7. Дата видачі завдання

01 вересня 2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Літературний огляд за напрямком дипломної роботи	01.09.20 – 01.10.20	
2	Підготовка основної частини пояснювальної записки дипломної роботи	01.10.20 – 20.11.20	
3	Підготовка розділу «Охорона праці та безпека в надзв. ситуаціях»	23.11.20 – 29.11.20	
4	Складання переліку використаних літературних джерел	17.11.20 – 29.11.20	
5	Підготовка вступу, висновків, змісту, реферату	30.11.20 – 06.12.20	
6	Отримання відгуку та рецензії на дипломну роботу, підготовка доповіді на захист	06.12.20 – 15.12.20	

Студент

(підпис)

Федорів В.Р.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Тарасенко М.Г.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Обсяг кваліфікаційної роботи становить 80 сторінок. В роботі міститься 10 рисунків, 23 формули і 25 таблиць. Об'єктом дослідження є фізико-хімічні, теплофізичні та термодинамічні процеси перетворення енергії біомаси при виробництві та використанні рідкого моторного біопалива.

Нафта, перш за все, є сировиною для отримання рідкого моторного палива. На даний час об'єми використання та ціни на рідке моторне паливо в світі і в Україні постійно зростають. Отже, тенденції зростання об'ємів споживання рідкого моторного палива та обмеженість геологічних ресурсів сировини для його виробництва спонукають світову спільноту шукати можливості для його заміни.

Метою кваліфікаційної роботи є аналіз ефективності застосування в біодизелю та біоетанолу в Україні.

Для досягнення цієї мети було поставлено задачу визначити еколого-економічну ефективність установок з виробництва та використання в Україні рідкого моторного біодизпалива та біоетанолу.

Предметом дослідження є фізико-хімічні характеристики рідких моторних біопалив, та параметри термодинамічних циклів двигунів внутрішнього згоряння, що працюють на рідкому моторному біодизпаливі та біоетанолі.

Перелік ключових слів:

БИОМАСА, БИОДИЗПАЛИВО, БИОЭТАНОЛ, ЭНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ, РІДКЕ МОТОРНЕ ПАЛИВО.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	6
ВСТУП	7
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	10
1.1 Відповідність біодизелю та біоетанолу вимогам до експлуатаційної якості моторних біопалив.....	10
1.2 Розвиток ринку енергетичних культур для виробництва біоетанолу	20
1.3 Розвиток ринку олійних культур як сировини для виробництва біодизельного палива	24
1.4 Висновки до розділу 1	27
2 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ.....	28
2.1 Оцінка сировинної бази, яку має Україна для виробництва біодизелю та біоетанолу	28
2.2 Економічна ефективність реалізації в Україні промислових проєктів будівництва та експлуатації потужностей з виробництва біодизелю та біоетанолу	34
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	43
3.1 Технології перетворення біомаси в рідке моторне біопаливо	43
3.2 Енергозберігаюча технологія виробництва біоетанолу	46
3.3 Енергозберігаюча технологія виробництва біодизельного палива.....	52
3.4. Загальна енергетична ефективність виробництва та застосування рідкого моторного біопалива.....	62
3.5 Висновки до розділу 3	66

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	67
4.1 Охорона праці та техніка безпеки при використанні паливно-мастильних матеріалів	67
4.2 Фактори, що впливають на протипожежну стійкість об'єкту.....	68
ВИСНОВКИ	73
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	74

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АЗС	Автозаправна станція
АРМ	Автоматизоване робоче місце
АСК БРУ	Автоматизована система керування брагоректифікаційної установкою
АТК	Автотранспортний комплекс
ГПК _{мр}	Гранично припустима максимальна разова концентрація
ГПК _{рз}	Гранично припустима концентрація для «робочої зони»
ПЗП	Паливозаправний пункт
ПР	Проникаюча радіація
ПУЕ	Правила улаштування електроустановок
РЗ	Радіоактивне зараження
СО ₂	Вуглекислий газ
ЦО	Цивільна оборона

ВСТУП

Актуальність теми. З початку 70-х років ХХ століття безперервно зростала ціна на нафту. У Західних країнах, приміром, за останні 10 років це зростання було майже десятиразовим. Причина цього - обмежені запаси нафти на Землі і монополія на поставки нафти тими країнами, в яких вона добувається. Паралельно із зростанням цін на нафту та скороченням її запасів велися пошуки альтернативних джерел енергії і в першу чергу в тих країнах, де було або дуже велике споживання енергії (це країни з розвинутою промисловістю і транспортом), або в країнах, що розвиваються та не мають нафтових джерел і достатньо коштів для закупівлі необхідної кількості нафтопродуктів.

Одним з альтернативних джерел енергії є етанол.

Етанол як моторне паливо, в тому числі й для військової техніки, було використано в часи другої світової війни рядом воюючих країн, що були відрізані від джерел нафтопродуктів (наприклад, Німеччина) [10].

У роки кризи (1930-ті роки) виробництво етанолу з зерна дозволило, наприклад, попередити банкрутство фермерів у США, так як виробництво зерна та падіння цін на нього погрозувало зруйнуванням фермерських господарств.

У США тільки в одному штаті Канзас у 1938 році було вироблено 7 млн. дал етанолу та 2 тис. заправочних станцій заправляли автомобілі сумішшю бензину з етанолом.

Спирт як пальне широко використовується в Угорщині, Австрії, Бразилії, Німеччині, Італії, Польщі, Чехії, Словачії та Швеції. Кількість етанолу в сумішах з бензином сягала 25 % [21, 22, 23, 24, 25].

У США за роки другої світової війни виробництво етанолу зросло в 6 разів, хоча значна його частка використовувалася не як моторне паливо, а як сировина для виробництва каучука.

Після спаду виробництва етанолу в післявоєнний період, в 70-ті роки воно почало зростати у зв'язку із зростанням ціни на нафту. У США в 1980 році вироблено біля 115 млн. дал етанолу і працювало більше 1000 заправочних

станцій з так званим «газохолом» - сумішшю етанолу з бензином [26]. В штаті Айова, приміром, за 5 місяців 1980 року продаж етанолу в суміші з бензином (газохолу) зросла у 9 з лишнім разів [27]. В 1984 році виробництво етанолу зросло до 189 млн. дал на рік для використання в суміші з бензином в автомобільних двигунах. В 1982 році у США було продано 870 млн. дал газохолу. В 1983 році - біля 1,5 млрд. дал. За об'ємною часткою етанолу в газохолі 10 % це відповідає використанню 150 млн. дал етанолу в складі моторного палива.

В Бразилії виробництво етанолу для використання як пального для автомобілей почато в 1975 році. Етанолом замінювалися нафтопродукти. У той час Бразилія ввозила біля 80 % нафти, що споживалася [28, 29, 30].

У Німеччині проведено дослідження, які підтверджують перспективність етанолу як часткового заміника бензину. В 1981 році там було випущено 80 % автомашин «фольксваген» з двигунами, що розраховані на використання тільки етанолу, без бензину. Сировиною для отримання етанолу в Німеччині є цукровий буряк.

Якщо сировиною для етанолу є меляса, його виробництво може обмежуватися квотою на експорт цукру, яка встановлюється за міжнародними угодами. Загальна кількість цукру, що виробляється для експорту і внутрішнього споживання саме і визначає кількість меляси, яку може бути використано для перероблення на етанол.

В літературі практично немає відомостей про негативний вплив легких домішок спирту на якісні характеристики бензино-спиртового палива та характеристики двигунів. З урахуванням того, що об'ємна частка супутніх домішок в етанолі не перевищує 1,5 %, їх вплив на якісні показники суміші не є суттєвим. Тому немає необхідності в їх вилученні, що значно зменшує вартість паливного етанолу.

Етиловий спирт, який має малу об'ємну масу і потребує малої кількості окислювача для повного згорання є цінним паливом для реактивних двигунів. Практичне застосування як ракетного пального етиловий спирт набув під час другої світової війни. Німецькі реактивні апарати ФАУ-2 працювали на суміші

спирту з рідким киснем. Один такий снаряд містив 3400 кг спирту (95 % об.) та 4900 кг рідкого кисню. Максимальна швидкість снаряду становила 5400 км за год. за середньої дальності польоту 320 км. При цьому потужність двигуна сягала 367875 кН, або 500000 к.с.

Метою кваліфікаційної роботи є аналіз ефективності застосування біодизелю та біоетанолу в Україні.

Об'єктом дослідження є фізико-хімічні характеристики рідких моторних біопалив, та параметри термодинамічних циклів двигунів внутрішнього згоряння, що працюють на біодизпалива.

Предметом дослідження є енергетична ефективність установок з виробництва та використання рідкого моторного біодизпалива в Україні.

Апробація роботи. Федорів В.Р. Аналіз енергоефективності застосування біодизелю та біоетанолу в Україні. // М.Г. Тарасенко, В.Р. Федорів // Збірник тез доповідей. Матеріали ІХ міжнародної науково - технічної конференції «Актуальні задачі сучасних технологій» (м. Тернопіль, 25 - 26 листопада 2020р.) / М-во освіти і науки України, Тернопільський нац. техн. ун-т ім. І. Пулюя – Т.: ТНТУ, 2020. – Т.2. С. 133.

Структура роботи. Робота складається зі вступу, 4-х розділів, висновків, переліку посилань (80 найменувань).

Загальний обсяг текстової частини – 80 сторінок, 25 таблиць, 10 рисунків.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Відповідність біодизелю та біоетанолу вимогам до експлуатаційної якості моторних біопалив

Визначимо відповідність вимогам експлуатаційної якості моторних біодизпалив у вигляді рослинних олій, продуктів їх переестерифікації та сумішей цих органічних сполук з традиційним дизпаливом. Для цього систематизуємо та проаналізуємо існуючі стандарти на дизпаливо, дані експериментального визначення фізико-хімічних та енергетичних характеристик різних видів біопалива, які наведені у роботах [2; 6; 10; 11; 32; 33; 34; 52; 56; 57; 58; 62; 64; 65; 66; 67; 71; 72; 73] та експериментально отримаємо фізико-хімічні та експлуатаційні характеристики біодизпалива, які досі не визначені.

Для забезпечення безперебійної і нормальної роботи дизельних двигунів до моторного біодизпалива слід поставити такі експлуатаційні вимоги:

– За різних температурних умов моторне біодизпаливо повинно забезпечувати легкий запуск двигуна і безперебійно надходити до насоса високого тиску.

– Для нормальної роботи паливної апаратури біодизпаливо повинно бути абсолютно чистим, не утворювати осадів у баку і на фільтрах грубої та тонкої очистки, а також не вміщувати води та абразивних частинок (механічних домішок).

– Біодизпаливо повинно забезпечувати плавне згоряння робочої суміші для чого воно повинно мати добру випаровуваність і короткий період самозаймистості.

– У двигуні біодизпаливо повинно забезпечувати: добре розпилювання, однорідність за складом горючої суміші, визначену дальnobійність струменю. Зазначене, окрім конструктивної довершеності паливної апаратури та тиску впорскування, досягається певним поєднанням в'язкості, поверхневого натягу та густини біопалива.

– Біодизпаливо повинне викликати мінімальне спрацювання паливної апаратури та інших деталей двигуна.

– Повинно забезпечуватися повне згоряння біодизпалива з бездимним вихлопом, мінімальною кількістю шкідливих речовин і відсутністю великих нагаровідкладень в камері згоряння, на клапанах, поршневих канавках та інших деталях двигуна.

– Біодизпаливо не повинно викликати корозію резервуарів (під час зберігання), паливної системи і деталей двигуна.

– Для того, щоб забезпечувалась вільна подача біодизпалива по паливопроводах, воно повинно мати низьку температуру помутніння і застигання, особливо під час роботи в холодну пору року.

– Біодизпаливо повинне мати якомога вищу теплоту згоряння.

Для забезпечення перелічених вище експлуатаційних вимог в практиці використання традиційного моторного палива існує система нормування його фізико-хімічних показників, від яких залежить експлуатаційна якість традиційного палива – в'язкість, октанове число, температура застигання, кислотність, тощо. Застосуємо цей підхід для моторного біодизпалива, для чого розділимо вищерозглянуті експлуатаційні вимоги на групи з зазначенням фізико-хімічних показників моторного біодизпалива, які повинні нормувати його якість:

1. Вимоги, що необхідні для розрахунків економічності двигуна, його теплового балансу, хімічного складу продуктів згоряння. Фізико-хімічні показники: груповий хімічний та елементарний склад, теплота згоряння.

2. Вимоги, що визначають процес згоряння у двигуні. Фізико-хімічні показники: жирокислотний склад, цетанове число.

3. Вимоги, що характеризують подачу палива в двигун, а також умови його зберігання та транспортування. Фізико-хімічні показники: густина, поверхневий натяг, в'язкість, температура застигання та самоспалаху, а також наявність води і механічних домішок.

4. Вимоги, які визначають нагароутворення, корозію, кількість шкідливих викидів. Фізико-хімічні показники: коксувальність 10%-вого

залишку, вміст сірки, кислотність, зольність, випробовування на мідній пластинці, йодне число.

Використання в існуючих, серійно виготовлених дизельних двигунах рослинної олії, продуктів її переестерифікації та сумішей цих сполук з традиційним дизпаливом потребує відповідності цих біопалив вимогам експлуатаційної якості, що стосуються традиційних дизпалив. Необхідно підкреслити, що конструкції серійно виготовлених дизельних двигунів розроблені таким чином, щоб забезпечити максимальну термодинамічну та економічну ефективність цих двигунів тільки за умов використання дизпалива з відповідними нормованими (стандартизованими) параметрами експлуатаційної якості. Відхилення експлуатаційної якості палива від нормованої призводить, в кращому випадку, до погіршення енергетичних та економічних показників двигуна, а в гіршому - до неможливості його експлуатації. При використанні моторного палива, що не відповідає нормованим експлуатаційним параметрам, потрібно або модернізувати двигун, або використовувати спеціальні присадки, які приводять експлуатаційні якості біодизпалива до нормованих.

Тому для визначення відповідності вимогам експлуатаційної якості для традиційних дизпалив, моторних біопалив у вигляді рослинних олій, продуктів їх переестерифікації та сумішей цих органічних сполук з традиційним дизпаливом, співставимо їх основні фізико-хімічні показники.

В подальшому під традиційним дизпаливом розуміється:

1) Нафтова фракція, що закипає у діапазоні температур 220 °С - 350 °С. Це так зване дизпаливо для швидкохідних дизельних двигунів з числом обертів колінчатого валу більш ніж 1000 об/хв. Експлуатаційні вимоги якості зазначеного палива обумовлюються Державним стандартом України 3868-99.

2) Нафтова фракція, що закипає при температурах вищих за 350 °С. Це так зване дизпаливо для тихохідних дизельних двигунів з числом обертів колінчатого валу менше 500 об/хв. Експлуатаційні вимоги якості зазначеного палива обумовлюються стандартом СРСР 1667-68.

Під рослинними оліями розуміються олії, що відповідають наступним вимогам: олія ріпакова – Держстандарту СРСР 8988-77, олія соняшникова – Державному стандарту України 4492:2005, олія соєва – Державному стандарту України 4534:2006.

Під продуктами переестерифікації рослинних олій або біодизпаливом розуміються ефіри метилових (етилових) жирних кислот, що відповідають вимогам Державного стандарту України 6081:2009. Слід зазначити, що в Державному стандарті України «Ефіри метилових жирних кислот, олій і жирів для дизельних двигунів» ДСТУ 6081:2009 не зазначено для яких саме дизельних двигунів (швидкохідних, більш ніж 1000 об/хв., середньохідних 500...1000 об/хв., низькохідних, менш ніж 500 об/хв.) діє даний стандарт. На наш погляд цей стандарт відповідає більше оптимальним економічним та технологічним умовам виробництва біодизпалива, ніж умовам забезпечення тривалої економічно та технічно нормальної роботи дизельних двигунів.

На даний час ніяких документів, регламентуючих вимоги експлуатаційної якості сумішей рослинних олій або біодизпалива (метилових ефірів жирних кислот) з традиційним дизпаливом, не існує.

Елементарний хімічний склад моторного біопалива у вигляді рослинних олій, продуктів їх переестерифікації та сумішей цих органічних сполук з традиційним дизпаливом (тобто вміст С; Н; О; S; N) визначає його теплоту згоряння, від якої напряму залежать питомі витрати біопалива та кількість повітря, необхідна для його повного згоряння, а також хімічний склад відпрацьованих газів. Вміст основних елементів вуглецю та водню в моторних біопаливах, що розглядаються, змінюються в дуже незначних межах (вуглець 75%...80%, водень 11%...12,5%).

В порівнянні з традиційним дизпаливом сумарний вміст вуглецю та водню на 10%...15% менший, що обумовлює меншу теплоту згоряння моторних біопалив, що розглядаються. Що ж стосується інших елементів (О; S; N), то тут мають місце суттєві коливання. Підкреслимо, що зменшення теплоти згоряння

викликає підвищення питомих витрат палива у двигуні. Кількість же сірки та азоту визначає хімічний склад вихлопних газів.

Густина та поверхневий натяг моторного біопалива впливають на процеси випаровування, утворення суміші в двигуні, здатність біопалива до прокачування трубопроводами і на властивості змащення прецезійних пар паливних насосів підвищеного тиску і розпилювачів форсунок. Згідно існуючої практики експлуатації швидкохідних дизельних двигунів необхідно, щоб кінематична в'язкість біопалива при температурі 20 °С становила 1,8...6 мм²/сек., а густина при температурі 20 °С дорівнювала 840...860 кг/м³. Що ж стосується поверхневого натягу, який має суттєвий вплив на ступінь його розпилення, то зі збільшенням поверхневого натягу середній діаметр капелі зростає. Його значення при температурі 40 °С та тиску 760 мм рт. ст. становитиме 20...30 ерг/см².

За існуючими стандартами за температуру замерзання моторного палива приймається температура, при якій дизельне паливо залишається нерухомим протягом 1 хвилини при нахилі пробірки під кутом у 45⁰. Як стверджується в роботах [8; 59; 60; 61] на температуру замерзання біопалив на основі рослинних олій впливає співвідношення кількості жирних кислот в цих оліях та фізико-хімічні властивості самих жирних кислот (температура застигання, молекулярна вага, тощо).

В таблиці 1.1 надані основні фізико-хімічні показники традиційного дизпалива для дизельних двигунів, а в таблицях 1.2; 1.3; 1.4 аналогічні фізико-хімічні показники рослинних олій, біодизпалива з різної рослинної олії та їх сумішей з традиційним дизпаливом.

Таблиця 1.1

Основні фізико-хімічні показники дизельного палива

Показники		Швидкохідні дизельні двигуни				Тихохідні дизельні двигуни
		Стандарт України ДСТУ 3868-99 [1; 63]		Стандарт СРСР 4749-49 [63]		Стандарт СРСР 1667-68
		літнє	зимове	літнє	зимове	
1	2	3	4	5	6	7
1	Густина при температурі 20 °С, кг/м ³	860	840	830	826	930...970
2	Кінематична в'язкість при температурі 20 °С, мм ² /сек.	3...6	1,8...6	3,5...8	3,5...6	80
3	Температура спалаху в закритому тиглі, °С	40...62	35...40	60	50	85
4	Вміст сірки, %	0,2...0,5	0,05...0,2	0,2	0,2	0,5
5	Коксівність 10% залишку, %	0,2	0,3	0,5	0,5	10
6	Цетанове число	45	45	45	40	47...55
7	Зольність, %	0,01	0,01	0,02	0,02	0,08
8	Вміст води, %	відсутн.	відсутн.	відсутн.	відсутн.	1,5
9	Випробування на мідній пластинці (3 години при 50 °С)	витримує	витримує	витримує	витримує	витримує
10	Кислотне число, мг КОН на 100 мл палива, не більше	5	5	5	5	4,65...5,3
11	Йодне число, г. йоду на 100 г палива, не більше	6	6	6	6	-
12	Температура застигання, °С, не вище	-10	-25	-10	-45	-5
13	Механічні домішки, %	відсутні	відсутні	відсутні	відсутні	0,1
14	Нижча теплота згоряння, МДж/кг	-	-	43,5	43,5	35...37
15	Елементарний хімічний склад, % - вуглець, С - водень, Н ₂ - кисень, О ₂	0,87 0,126 0,004	- - -	87 12,6 0,4	87 12,6 0,4	86,2 12,5 1,3
16	Поверхневий натяг при температурі 20 °С, Н/м	27,1·10 ⁻³	27,1·10 ⁻³	27,1·10 ⁻³	27,1·10 ⁻³	-

Таблиця 1.2

Основні фізико-хімічні характеристики рослинних олій

Показники		Соняшникова олія [10;56;65;68;73]	Ріпакова олія [10;56;65;70;73]	Соєва олія [10;56;65;69;73]
1	Густина при температурі 20 °С, кг/м ³	927,5	906,1	923,7
2	Кінематична в'язкість при температурі 20 °С, мм ² /сек	65,2	83,14	71,7
3	Температура спалаху в закритому тиглі, °С	225	230	240
4	Вміст сірки, %	0,02	0,05	0,02
5	Коксівність 10% залишку, %	0,505	0,465	0,438
6	Цетанове число	58	49	55
7	Зольність, %	0,01	0,01	0,01
8	Вміст води, мг/кг	0,075	0,075	0,075
9	Випробування на мідній пластинці (3 години при 50 °С)	витримує	витримує	витримує
10	Кислотне число, мг КОН на 100 мл палива, не більше	21,4	46,3	30
11	Йодне число, г. йоду на 100 г палива	98...106	94...106	120...140
12	Температура застигання, °С, не вище	-16	-10	-12
13	Механічні домішки, %	відсутні	відсутні	відсутні
14	Нижча теплота згоряння, МДж/кг	36,9	37,0	39,4
15	Елементарний хімічний склад, %			
	- вуглець, С	77	78,2	76,9
	- водень, Н ₂	12	12,08	12,1
	- кисень, О ₂	11	9,72	11

Таблиця 1.3

**Основні фізико-хімічні характеристики біодизпалива та його суміші
з традиційним дизпаливом**

Показники		Біодизпаливо. Стандарт України ДСТУ 6081:2009 [71]	Суміш біодизпалива з традиційним дизпаливом, що відповідає ДСТУ 3868-99		
			5% біодизеля ^v	10% біодизеля ^v	70% біодизеля ^v
1	Густина при температурі 20 °С, кг/м ³	860...900	840	842	841
2	Кінематична в'язкість при температурі 20 °С, мм ² /сек.	7,5...8	5,1	-	4,87
3	Температура спалаху в закритому тиглі, °С	120	42	41	-
4	Вміст сірки, %	0,00001	-	-	-
5	Коксівність 10 % залишку, %	0,3	0,25	0,24	-
6	Цетанове число	51	-	46	45
7	Зольність, %	0,02	0,02	0,01	0,01
8	Вміст води, мг/кг	0,05	0,009	0,01	0,01
9	Випробування на мідній пластинці (3 години при 50 0С)	витримує	витримує	витримує	витримує
10	Кислотне число, мг КОН на 100 мл палива, не більше	5	3,5	3,3	3,6
11	Йодне число, г. йоду на 100 г палива	120	5,0	5,5	-
12	Температура застигання, 0С, не вище	-21	-	-	-
13	Механічні домішки, %	відсутні	відсутні	відсутні	відсутні
14	Нижча теплота згоряння, МДж/кг	37,5	-	-	-
15	Елементарний хімічний склад, % - вуглець, С - водень, Н ₂ - кисень, О ₂	77,5 12 10,5	- - -	- - -	- - -
16	Поверхневий натяг при температурі 20 °С, Н/м	30,7·10 ⁻³ "	-	-	27,8·10 ⁻³

Таблиця 1.4

**Основні фізико-хімічні характеристики сумішей соняшникової олії з
традиційним дизпаливом, яке відповідає ДСТУ 3868-99, [10; 64; 67; 73]**

Показники		10 % олії	50% олії	70% олії
1	2	3	4	5
1	Густина при температурі 20 °С, кг/м ³	840	870	886
2	Кінематична в'язкість при температурі 20 °С, мм ² /сек	8,5	15,4	26,8
3	Температура спалаху в закритому тиглі, °С	90	96	98

Продовження Таблиці 1.4

1	2	3	4	5
4	Вміст сірки, %	0,45	0,25	-
5	Цетанове число	46	52	-
6	Йодне число, г. йоду на 100 г палива	18	67	-
7	Нижча теплота згоряння, МДж/кг	42,13	39,85	38,71
8	Елементарний хімічний склад, %			
	- вуглець, С	86	82	80
	- водень, Н ₂	12,5	12,3	12,2
	- кисень, О ₂	1,5	5,7	7,8

Співставимо стандартні (нормовані) фізико-хімічні характеристики традиційного дизпалива, яке забезпечує максимальну термодинамічну та економічну ефективність роботи дизельних двигунів з фізико-хімічними показниками біопалив у вигляді рослинних олій, продуктів їх переестерифікації та сумішей цих органічних сполук з традиційним дизпаливом. В результаті співставлення можна констатувати, що нормативам експлуатаційної якості моторного палива для швидкохідних дизельних двигунів відповідають два види моторного біопалива, що розглядається:

1. Суміш традиційного дизпалива з рослинною олією в пропорції: 10% і менше рослинної олії та 90% і більше традиційного дизпалива.

2. Суміш традиційного дизпалива з біодизпаливом: в пропорції 70% і менше біодизпалива та 30% і більше традиційного дизпалива.

Згідно таблиці 1.5 відмінними від нормованих в зазначених двох видах моторного біопалива є:

- температура спалаху, що визначає пожежонебезпечність і яка для суміші рослинної олії та традиційного дизпалива перевищує нормовану у 2 рази, що є позитивним.

- вміст води, який в традиційному дизпаливі відсутній, а в розглянутих видах моторного біопалива становить 0,009...0,01 мг/кг (таблиця 1.6), що не є позитивним. Наявність води в дизельному паливі може викликати наступні несправності двигуна:

а) відмову помпи високого тиску в зв'язку з заклиненням плунжерної пари;

б) руйнування поверхонь тертя внаслідок корозії під дією сірчаної кислоти, яка утворилася при взаємодії продуктів згоряння сірки і водяних парів;

в) порушення нормальної роботи форсунок як наслідок корозійного впливу води;

г) прогар днища поршня;

д) розжиження олії внаслідок змиву палива, що не згоріло, в піддон двигуна;

е) збільшення зносу поршневої групи;

ж) порушення закону впорскування палива в камеру згоряння;

з) збільшення задимлення відпрацьованих газів.

- значення кислотного числа, що визначає наявність вільних органічних кислот та характеризує як схильність моторного біопалива до старіння, так і його корозійну активність по відношенню до деталей двигуна та системи подачі палива. Зі збільшенням кислотного числа інтенсивність вище перелічених процесів збільшується. У розглянутих двох видах моторного біопалива кислотне число менше за нормоване для традиційного дизпалива, що є позитивним.

- значення йодного числа, що характеризує вміст в моторному біопаливі ненасичених жирних кислот. Чим вище це число, тим більше схильність моторного біопалива до реакцій окиснення, що знижує стабільність при зберіганні. У видах моторного біопалива, що розглядається, йодне число менше за нормоване для традиційного палива, що є позитивним.

- поверхневий натяг, тобто сила, з якою рідке паливо чинить опір зміні своєї поверхні, що має значний вплив на ступінь розпилювання палива в камері згоряння. Зі збільшенням поверхневого натягу середній діаметр краплі палива зростає, що негативно впливає на процес спалювання. У двох видах моторного біопалива, що розглядається, значення поверхневого натягу на 2,5%...3% більше, що не є позитивним.

Таким чином, з розглянутих моторних біопалив існуючим нормативам для швидкохідних двигунів відповідають тільки суміш традиційного дизпалива з

вмістом рослинних олій до 10% та суміш традиційного дизпалива з вмістом біодизпалива (метилових (етилових) ефірів жирних кислот) до 70%.

Загалом існуючі моторні біопалива, а саме рослинні олії, продукти їх переестерифікації та їхні суміші з традиційним дизпаливом без проблем можуть використовуватись в тихохідних дизельних двигунах, бо притаманні їм фізико-хімічні показники відповідають вимогам експлуатаційної якості дизпалива для тихохідних двигунів.

1.2 Розвиток ринку енергетичних культур для виробництва біоетанолу

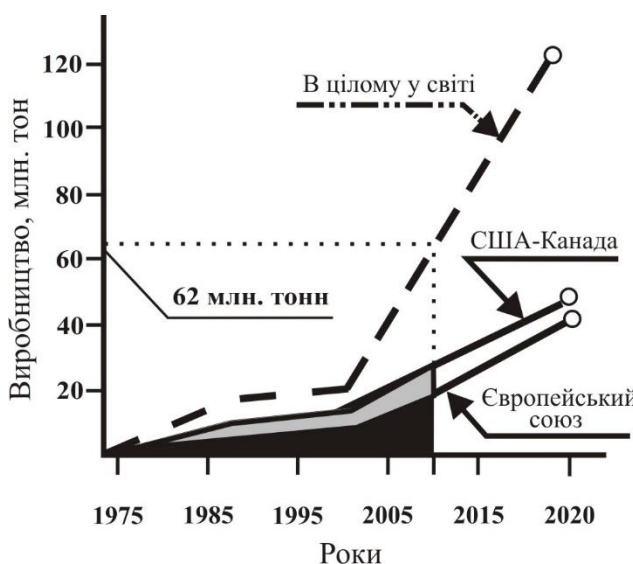


Рис. 1.1. Виробництво паливного біоетанолу в світі

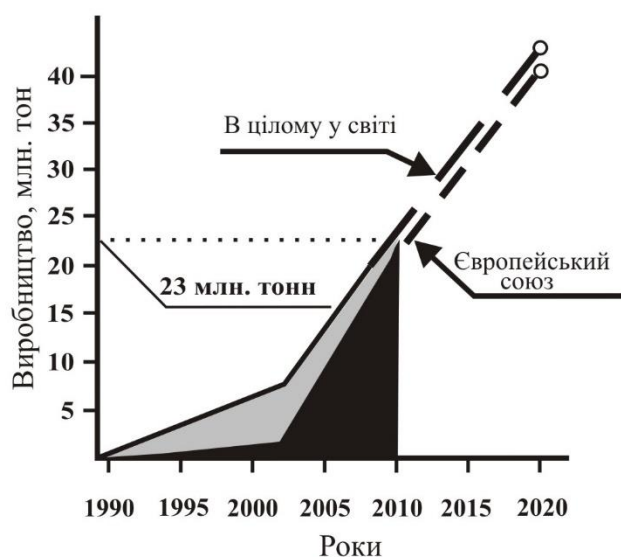


Рис. 1.2. Виробництво рідкого моторного біодизпалива в світі

У світовій практиці ринок біоетанолу формується на основі використання енергетичних цукро- та крохмаленосних сільськогосподарських культур, зокрема таких: цукрової тростини, цукрових буряків та картоплі. У структурі біосировини виробництва біоетанолу в Україні провідну частку становлять зернові культури і меляса із цукрових буряків та малопомітну - картоплю, тому розвиток ринку зернових культур і цукрових буряків має виняткове значення для розвитку виробництва біоетанолу.

Ґрунтові та агрокліматичні умови більшості бурякосійних районів України в цілому забезпечують ефективне застосування інтенсивних технологій виробництва цукрових буряків і дають змогу отримувати високі програмовані врожаї коренеплодів з достатнім рівнем цукристості й технологічних якостей. Проте, навіть у межах окремих господарств, є значні відмінності потенційних умов формування врожаю, насамперед через об'єктивні відхилення показників родючості ґрунту, тривалості вегетаційного періоду тощо. Це вимагає творчого застосування елементів технології вирощування цукрових буряків стосовно до кожного окремого поля.

Нині бурякоцукровий комплекс України включає понад 7 тис. великих сільськогосподарських підприємств, 143 цукрових заводи потужністю 392,4 тис. т переробки буряків на добу, 11 насінневих підприємств, мережу буряко-приймальних пунктів та інші допоміжні підприємства. Науково-технічне забезпечення галузі здійснюють 2 науково-дослідних інститути і 1 проектний, 7 дослідно-селекційних станцій та 8 дослідних господарств. Посівні площі цукрових буряків у країні становлять 650 - 750 тис. га, закупівлі сировини – 15 - 16 млн. т, виробництво цукру – 1,6 - 1,9 млн. т у середньому за рік, однак потенційні можливості України у виробництві цукросировини і цукру значно вищі.

Негативні процеси, що відбулися в економіці країни, в тому числі і в цукровій галузі, призвели до значного спаду виробництва (табл.1.5.).

Таблиця 1.5.

Динаміка посівних площ, урожайності і валових зборів цукрових буряків

Роки	Зібрана площа, тис. га	Урожайність з 1 га, ц	Валовий збір, тис. т
2015	763,3	189,3	14452,5
2016	737,6	284,7	22420,7
2017	665,6	201,2	13391,9
2018	696,5	238,3	16600,4
2019	623,3	248,2	15467,8

Ринок цукру в Україні за даними Департаменту зовнішньоекономічних відносин Міністерства аграрної політики України характеризується помітною

нестабільністю. Станом на 1 січня 2017 р. розрахункові запаси цукру в усіх суб'єктів підприємницької діяльності, що функціонують на ринку цукру, становили 1450 тис. т, зокрема, за даними Держкомстату, на складах цукрових заводів – 317 тис. т, сільгосптоваровиробників – 112 тис. т.

Решта цукру – на складах підприємств оптової торгівлі, інвесторів, посередників, у фізичних осіб, які отримали його за здані цукрові буряки, та інших утримувачів (підприємства харчової промисловості, роздрібна торгівля тощо).

Максимальна потреба цукру для забезпечення внутрішнього ринку до початку нового сезону з урахуванням сезонного попиту розрахунково сягає 350 – 370 тис. т, тобто нині ситуація на внутрішньому ринку цукру характеризується значним перевищенням пропозиції над попитом. Спостерігається навіть тенденція до зниження оптово-відпускних цін на цукор у зв'язку із низьким попитом.

Ситуація на вітчизняному ринку цукру, що склалась, не зважаючи на різке зниження за останні роки його виробництва, має тенденцію до перевищення пропозиції над попитом і, закономірно, вимагає реструктуризації буряково - цукрового підкомплексу, опрацювання напрямів диверсифікації окремих цукрових заводів і бурякосійних господарств.

Важливою зерновою культурою в Україні для виробництва біоетанолу є кукурудза, яка особливе місце посідає у вітчизняному і світовому виробництві зерна. За своїми господарсько-корисними ознаками, за потенційною врожайністю, багатоплановістю використання вона вигідно вирізняється серед інших культур. Кукурудза, як одна із небагатьох культур, має поширений ареал використання в харчовій, крохмально-мелясовій, біопаливній, мікро-біологічній, медичній та інших галузях промисловості, володіє добрими кормовими властивостями. Зерно кукурудзи є високоенергетичною конкурентоспроможною сировиною для виробництва біоетанолу.

Однією з причин, яке стримує нарощування виробництва зерна кукурудзи, є послаблення матеріально-технічної бази. Відомо, що кукурудза, маючи

продовжений вегетаційний період, вимоглива до умов догляду. Для формування 50 ц зерна, залежно від біотипів гібридів та інших умов кукурудза виносить із ґрунту 130-150 кг/га азоту, 40-50 – фосфору і близько 130 кг/га калію. Але в останні роки внаслідок високої вартості мінеральних добрив внесення їх під кукурудзу було вкрай обмежено.

Характеризуючи причини, які стримують збільшення виробництва зерна кукурудзи, не можна обійти проблему технічної оснащеності галузі. Відомо, що як і інтенсивна, так і механізована технології, основані на комплексі машин та знарядь, забезпечують виконання всіх рекомендованих технологією елементів.

Спад виробництва зерна зумовлений також і економічними факторами, в першу чергу внаслідок порушення паритету цін на зерно, що лишило більшість господарств можливості забезпечити навіть просте відтворення. За цієї причини виробники віддають перевагу ячменю (табл. 1.6.).

Таблиця 1.6.

**Динаміка виробництва зерна ярого ячменю і кукурудзи в Україні
(всі категорії господарств)**

Культура	Роки				
	2003-2006	2007-2010	2011-2014	2015-2018	2019
Посівна площа, тис. га					
Ячмінь ярий	3156	3541,8	3276,9	3884,6	4817,5
Кукурудза	2124	1148	1036,6	1651,9	1720,3
Урожайність, т/га					
Ячмінь ярий	2,94	2,71	1,77	2,16	2,15
Кукурудза	3,46	2,84	2,91	3,72	3,74
Баловий збір, тис.т					
Ячмінь ярий	9230	9607	5817,1	8406,3	10359,1
Кукурудза	7344	3263	3012,5	6145,9	6425,6

Немає сумніву, що ячмінь порівняно з кукурудзою є менш затратною культурою, і за потенційної врожайності, багатоплановості використання кукурудзи остання помітно переважає його. Однак при нинішньому рівні

агротехніки високі врожаї кращих гібридів кукурудзи реалізуються виробництвом лише частково, тому цю культуру вважають високозатратною і нерентабельною.

В умовах розвитку ринку біопалива з відновлюваної сировини скоро-чення посівних площ під кукурудзу і заміна її ячменем негативно вплинуть не тільки на забезпечення високоенергетичних кормів усіх видів сільсько-подарських тварин та птиці, адже у складних умовах можуть перебувати і переробна промисловість, і особливо біопалива.

1.3 Розвиток ринку олійних культур як сировини для виробництва біодизельного палива

Ріпак – надзвичайно цінна олійна і водночас кормова культура. При його переробці з кожних 100 кг насіння одержують до 41 кг олії та 57 кг макухи.

До складу насіння ріпаку входять органічні сірчані сполуки – тіоглюкозиди або глюкозинолати. У процесі їхнього ферментативного гідролізу в організмі тварин утворюються шкідливі (отруйні) речовини.

Найпереконливішими аргументами на користь розширення площ під посіви цієї культури є невпинно зростаючий попит на нього як на сировину для харчової та технічної олії (у тому числі для виробництва біопалива), висока економічна віддача коштів, укладених у його виробництво, та раннє їхнє повернення (липень - серпень). Ріпак, на відміну від соняшнику, є добрим попередником під зернові культури.

Основними факторами, що стримують підвищення врожайності і валових зборів озимого і ярого ріпаків є, насамперед, низький рівень матеріально-технічного забезпечення, недотримання складників технології їхнього вирощування.

Наші дослідження показують, що навіть за низької урожайності (10-12 ц/га) виробництво ріпаків залишається рентабельним, оскільки ціна реалізації перевищує рентабельність в 1,2-1,4 рази.

Ріпаківництво в Україні поки що ведеться у більшості областей на екстенсивній основі (табл. 1.7).

Таблиця 1.7.

Посівна площа озимого та ярого ріпаку в Україні

Рік	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Площа, тис.га	157	109	70	58	107	197	420	1200	1800	2600	3000
Валовий збір, тис.т	130	135	61	57	149	284	672	2174	3600	6600	7500

Соя є провідною, найбільш поширеною і вигідною білково - олійною культурою світового землеробства. Вона відіграє важливу роль у структурі посівів, зерновому, кормовому і харчовому балансах, а за темпами росту посівів і обсягів виробництва не має собі рівних. У цій культурі ніби сконцентровані найцінніші ознаки рослинного світу.

Україна для успішного вирощування сої має всі умови: наявність вітчизняних скоростиглих високоврожайних сортів, сприятливі ґрунтово-кліматичні умови, розроблені новітні вітчизняні технології вирощування сої та її переробки на кормові й харчові цілі, які сьогодні всебічно використовуються.

За дослідженнями спеціалістів, сою в Україні, враховуючи, що нині створено скоростиглі сорти, можна вирощувати теоретично майже в усіх регіонах. У Лісостепу та Північному Степу України перевагу слід віддавати скоростиглим високоврожайним сортам сої за умови дотримання технології їхнього вирощування, прогнозованої врожайності 18-20 ц/га, а в господарствах з високою культурою землеробства – 20-22 ц/га, що відповідає середній урожайності сої в найпершій у світі країні із виробництва сої на комерційні цілі - США. На поливних землях півдня України врожайність сої сягає навіть 25-35 ц/га.

Українські сорти сої органічно співіснують з традиційними для України культурами - пшениця, кукурудза, ячмінь, буряки. Введення сої у сівозміну від 5 до 20% і більше орних земель дасть змогу в короткий термін отримати

сільгоспвиробниками дешеві рослинну олію і білок, збільшити виробництво продукції тваринництва, суттєво підняти рівень агротехніки обробітку ґрунтів та поліпшити їхній якісний стан і родючість за оптимальних витрат фінансових і матеріальних ресурсів. Тільки завдяки підвищенню урожайності культур після сої-попередника можливо отримати в 2017р., за нашими розрахунками, додатково 170-220 млн. грн.

Проведений аналіз ефективності вкладення фінансових та матеріальних ресурсів при вирощуванні сої у різних регіонах України показує, що найвищий результат, особливо щодо стабільності врожаїв, ми маємо в лісостеповій зоні України.

У 2009 р. Міністерство аграрної політики України наказом затвердили Галузеву програму «Соя України», якою передбачено прогнозний ріст виробництва сої в Україні з визначенням посівних площ її вирощування у регіонах так званого соєвого поясу, куди входять 17 областей (табл. 1.8).

Таблиця 1.8.

Прогнозований ріст виробництва сої в Україні

Рік	Площа, тис. га	Виробництво сої, тис. т
2014	340-450	450-520
2015	410-560	600-770
2016	520-700	770-1000
2017	640-910	950-1450
2018	770-1000	1200-1650
2019	1000-1200	1500-2000

1.4 Висновки до розділу 1

1. В результаті порівняльного аналізу відповідності вимогам експлуатаційної якості для традиційних дизельних палив - моторних біопалив у вигляді рослинних олій, продуктів їх переестерифікації та сумішей цих органічних сполук з традиційним дизпаливом встановлено:

- моторні біопалива у вигляді рослинної олії, продукти їх переестерифікації та суміші цих органічних сполук з традиційним дизпаливом відповідають експлуатаційним вимогам, притаманним традиційному дизпаливу для тихохідних дизельних двигунів і можуть застосовуватись в цих двигунах без зміни їх конструкції або використання присадок;

- моторні біопалива у вигляді сумішей традиційного дизпалива з рослинною олією до 10% або біодизпаливом (метиловими ефірами жирних кислот) до 70% відповідають вимогам експлуатаційної якості традиційного дизпалива для швидкохідних дизельних двигунів і можуть застосовуватись в цих двигунах без зміни їх конструкції або використання присадок.

2. Доведено, що рідкі моторні біодизпалива у вигляді рослинних олій, продуктів їх переестерифікації та сумішей цих органічних сполук з традиційним дизпаливом відповідають вимогам експлуатаційної якості палива тільки для тихохідних дизельних двигунів і можуть застосовуватись в цих двигунах без зміни їх конструкцій або використання присадок. Суміші традиційного дизпалива з вмістом рослинної олії до 10% або біодизпалива (метилового ефіру жирних кислот) до 70% відповідають вимогам експлуатаційної якості для швидкохідних дизельних двигунів і можуть застосовуватись в цих двигунах без зміни їх конструкцій або використання присадок.

2 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Оцінка сировинної бази, яку має Україна для виробництва біодизелю та біоетанолу

Оцінимо кількість жита, пшениці, кукурудзи, ріпаку та соняшнику, тобто сировинну базу, яку має Україна для виробництва рідкого моторного біопалива. Для цього пропонується наступний алгоритм:

1. На основі статистичних відомостей стосовно існуючої площі ріллі в Україні та відомостей про посівні площі сільськогосподарських культур обчислюється площа ріллі, яка не задіяна в сільгоспвиробництві:

$$S_{н.з.} = S_{існ.} - S_{посів.} \quad (2.1)$$

де $S_{н.з.}$ - незадіяна площа ріллі; $S_{існ.}$ - існуюча площа ріллі в Україні, визначається на основі даних статистичних збірників. $S_{посів.}$ - посівна площа. Також визначається згідно статистичних збірників. При виконанні подальших розрахунків прийнято: $S_{існ.} = 30874,4$ тис. Га; $S_{посів.} = 26060,1$ тис. Га.

2. Для врахування при обчисленнях сировинної бази виробництва рідкого моторного біопалива терміну ротації площ посівів енергетичних культур в сівозміні пропонується наступний метод, який базується на рівнянні балансу посівної площі, що має вигляд:

$$S_n + S_k + \dots + S_m = \left(\frac{1}{t_n} + \frac{1}{t_k} + \dots + \frac{1}{t_m} \right) S_{н.з.} \quad (2.2)$$

де $S_{і.з.}$ - сумарна незадіяна площа ріллі в м²/рік; $\frac{1}{t_n}$; $\frac{1}{t_k}$; $\frac{1}{t_m}$ - частка площі посівів, з урахуванням терміну ротації, n -ної, k -тої, m -ної сільгоспкультури; S_n ; S_k ; S_m - площа посівів.

n , k та m -ної сільгоспкультури, з урахуванням терміну ротації в сівозміні.

Для незадіяної в цілому по Україні площі ріллі згідно рівняння (2.2) маємо:

$$S_{n+ж} + S_{кукур.} + S_{pin.} + S_{сон.} = \left(\frac{1}{t_{n+ж}} + \frac{1}{t_{кукур.}} + \frac{1}{t_{pin.}} + \frac{1}{t_{сон.}} \right) S_{н.з} \quad (2.3)$$

Тоді, визначаючи значення терміну ротації площ посівів в сівозміні для сільгоспкультур, що розглядаються, і підставляючи ці терміни в залежність (2.3) отримуємо:

$$S_{n+ж} + S_{кукур.} + S_{pin.} + S_{сон.} = \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} \right) S_{н.з} \quad (2.4)$$

Приводячи до спільного знаменника маємо:

$$S_{n+ж} + S_{кукур.} + S_{pin.} + S_{сон.} = S_{н.з} \left(\frac{12}{24} + \frac{8}{24} + \frac{6}{24} + \frac{3}{24} \right) = \frac{29}{24} S_{н.з} \quad (2.5)$$

Звідки отримуємо:

$$\frac{S_{n+ж} + S_{кукур.} + S_{pin.} + S_{сон.}}{S_{н.з}} = \frac{29}{24} \quad (2.6)$$

Використовуючи рівняння (2.5) та (2.6) на основі принципу пропорційності можна записати:

$$\begin{aligned} S_{n+ж} &= \frac{1}{29} \cdot S_{н.з} \cdot 12; & S_{кукур.} &= \frac{1}{29} \cdot S_{н.з} \cdot 8; \\ S_{pin.} &= \frac{1}{29} \cdot S_{н.з} \cdot 6; & S_{сон.} &= \frac{1}{29} \cdot S_{н.з} \cdot 3. \end{aligned} \quad (2.7)$$

Застосовуючи залежності (2.7) розрахована площа ріллі, яку можна засіяти сільгоспкультурами перспективними для отримання рідкого моторного біопалива.

3. Далі, використовуючи результати розрахунків площі ріллі, на якій можливо вирощування сільгоспкультур, що розглядаються, і приймаючи що середня врожайність n -ної сільгоспкультури становить m_n обчислюється

кількість біосировини, яку можна отримати для виробництва спирту чи біодизеля:

$$M^n = S_{н.з}^n \cdot m^n \quad (2.8)$$

де M^n - маса сировини n -ної сільгоспкультури; $S_{н.з}^n$ - незадіяна площа ріллі, яку можна використовувати для вирощування n -ної культури, визначається по залежності (1.7); m^n - врожайність n -ної культури.

4. Наявність маси біосировини по кожній сільгоспкультурі дозволяє розрахувати об'єми рідкого моторного біопалива, які можна отримати:

$$V_{спирт}^n = M^n \cdot \mathcal{G}^n \quad V_{біодиз.}^n = M^n \cdot \mathcal{G}^n \quad (2.9)$$

де $V_{спирт}^n$; $V_{біодиз.}^n$ - об'єми біоетанолу чи біодизелю, що отримуються з n -ної сільгоспкультури; \mathcal{G}^n - вихід біоетанолу або біодизеля з 1 тони n -ної сільгоспкультури.

В таблиці 2.1 наведені результати розрахунків кількості біоетанолу та біодизпалива, що можливо отримати в Україні з урахуванням терміну ротації площ посівів енергетичних культур в сівозміні.

Таблиця 2.1

**Очікувані об'єми виробництва в Україні біоетанолу
та біодизпалива, тис. тон/рік**

Отримані без врахування сівозмін		Отримані з врахуванням сівозмін		Результати порівняння	
Біоетанол	Біодизель	Біоетанол	Біодизель	Біоетанол	Біодизель
1655,8	4567,4	3034,78	751,84	Збільшення у 1,84 рази	Зменшення у 6 разів

Порівняння відомостей таблиці 2.1 дозволяє констатувати, що врахування терміну ротації площі посівів в сівозміні суттєво впливає на результати оцінки кількості виробництва рідкого моторного біопалива. Це пов'язано, перш за все,

з перерозподілом за рахунок сівозмін площ вирощування сільгоспкультур. При цьому кількість отриманого біоетанолу (терміни ротації площ посівів сировини в сівозміні становлять 2...3 роки) збільшується у 1,84 рази, а кількість біодизеля (терміни ротації площ посівів сировини в сівозміні становлять 4...8 років) зменшується майже у 6 разів.

5. Далі, на основі отриманих об'ємів рідкого моторного біопалива обчислюється його енергетичний потенціал в тонах умовного палива:

$$E_{спирт} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} V_{спирт}^i \cdot \zeta_{спирт.}}{\zeta_{у.п}}; \quad E_{біодиз.} = \frac{\sum_{n=1}^{n=k} V_{біодиз.}^n \cdot \zeta_{біодиз.}}{\zeta_{у.п}} \quad (2.10)$$

Розрахований по залежностям (2.10) енергетичний потенціал рідкого моторного біопалива по областям України наведений в таблиці 2.2. Підкреслимо, що при його розрахунках враховано термін ротації площ посівів культур в сівозміні.

Таблиця 2.2

Технічно-досяжний енергетичний потенціал рідкого моторного біопалива України

Області	Очікувані об'єми виробництва біоетанолу, тис. тон/рік	Сумарний енергетичний потенціал тис. т у.п/рік
1	2	3
Вінницька	141,12	174,73
Волинська	71,66	88,83
Дніпропетровська	128,14	158,64
Донецька	56,85	70,35
Житомирська	211,86	262,34

Продовження таблиці 2.2.

1	2	3
Закарпатська	3,53	4,37
Запорізька	175,67	217,54
Івано-Франківська	41,49	51,57
Київська	103,46	128,12
Кіровоградська	78,6	97,27
Луганська	164,7	205,03
Львівська	126,5	156,59
Миколаївська	195,59	240,39
Одеська	107,67	133,41
Полтавська	43,14	53,42
Рівненська	86,83	107,67
Сумська	156,29	193,63
Тернопільська	70,01	86,69
Харківська	150,99	186,91
Херсонська	194,32	240,62
Хмельницька	196,51	243,28
Черкаська	34,55	42,78
Чернівецька	42,23	52,23
Чернігівська	197,33	244,46
Всього по Україні	2779,04	3440,87

Оцінимо далі кількість бензину та традиційного дизпалива, яку можна замінити в Україні, використовуючи вище обчислені об'єми біоетанолу та біодизпалива. Враховуючи те, що біоетанол та біодизпаливо мають відмінну від бензину та традиційного дизпалива теплоту згоряння, при розрахунках використана наступна формула:

$$V_{\text{бенз., диз.пал.}} = V_{\text{спирт, біодиз.}} \cdot \frac{\xi_{\text{спирт, біодиз.}}}{\xi_{\text{бенз., диз.пал.}}} \quad (2.11)$$

де $V_{\text{бенз., диз.пал.}}$ – кількість бензину та традиційного дизпалива, яка змі-

нюється біоетанолом або біодизпаливом; $V_{спирт, біодиз.}$ - кількість виробленого біоетанолу або біодизпалива; $\xi_{спирт, біодиз.}$ - теплота згоряння біоетанолу або біодизпалива, приймається з таблиць; $\xi_{бенз., диз.пал.}$ - теплота згоряння бензину та традиційного дизпалива, приймається з таблиць.

Результати розрахунків по формулі (2.11) кількості бензину, що заміщується, та дизпалива (традиційного моторного палива) наведені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Очікувана доля заміщення традиційного рідкого моторного палива рідким моторним біопаливом в Україні

Паливо	Кількість спожита в Україні у 2019 р. тис. тон/рік	Кількість традиційного моторного палива, що заміщується рідким моторним біопаливом тис. тон/рік	Доля заміщення, %
Бензин	3961,1	1862	47
Дизпаливо	5300,9	671,3	12,66

Враховуюче те, що в Україні у 2013 році спожито 207 млн. т у.п. усіх видів палива, в тому числі 13,5 млн. т у.п. рідкого моторного палива можна констатувати, що впровадження рідкого моторного біопалива в вищерахованих об'ємах 3,757 млн. т у.п. дозволить скоротити щорічне споживання усіх видів палива на 1,8%, або на 28% скоротити споживання традиційного рідкого моторного палива. Вказані об'єми скорочення достатні, щоб бути врахованими при підвищенні енергетичної безпеки України, що підтверджує доцільність проведення робіт та вкладення грошових коштів в комерційні проекти в цій галузі.

2.2 Економічна ефективність реалізації в Україні промислових проектів будівництва та експлуатації потужностей з виробництва біодизелю та біоетанолу

Визначимо економічну ефективність реалізації в Україні промислових проектів будівництва та експлуатації потужностей з виробництва моторного біодизпалива, що відповідає вимогам Європейського стандарту EN 14214:2004 (Е) та стандарту України ДСТУ 6081:2009 і є кінцевим продуктом технологічного процесу переестерифікації рослинних олій. Для цього обчислимо та проаналізуємо економічні показники комерційного проекту створення та експлуатації установки потужністю по біодизпаливу 6500 т/рік з відповідним виходом гліцерину (50% очистки) та шроту (олійність 12%...14%), які також реалізуються на ринку. Вибір потужності обумовлений існуючим типорозмірним рядом обладнання, що виготовляється в Україні.

При виконанні оцінки економічної ефективності комерційного проекту з виробництва біодизпалива прийнято:

1. Будівництво промислової установки з виробництва біодизпалива продуктивністю 6500 тон/рік здійснюється протягом одного року.

2. Термін дії проекту (нормативний термін експлуатації основного обладнання) згідно рекомендацій виробників становить 20 років, тобто за 20 років здійснюється повна амортизація основного обладнання. Таким чином, процент амортизації дорівнює 5 % або 0,05.

3. Вартість сировини та інших компонентів, необхідних для виробництва біодизпалива, визначена за ринковими цінами в Україні станом на 1.06.2014 р. і становить:

- насіння ріпаку 4700 грн/тону або 470 євро/тону (за інформацією зернової біржі);

- метанолу 4000 грн/тону або 400 євро/тону (за інформацією ТОВ «Хімпромстрой» Северодонецьк);

- каустичної соди 7000 грн/тону або 700 євро/тону (за інформацією підприємства «Атена» Житомир);

- сірчаної кислоти 2500 грн/тону або 250 євро/тону (за інформацією фірми «Альмініва», Київ).

4. Відпускна ціна на біодизпаливо прийнята рівною найнижчій ціні на дизпаливо з нафти у Західній Європі станом на 01.11.2020 р. і дорівнює 1,13 євро/літр або 1,28 євро/кг (<http://www.drive-alve.co.ukrfuel>).

5. Відпускна роздрібна ціна за 1 літр традиційного дизпалива з нафти в Україні розрахована на основі середньої роздрібною ціни на бензоколонках за умови, що податок на додану вартість становить 20%. Тоді розрахункова формула має вигляд:

$$C = \frac{C_{розд}}{1 + P}, \quad (2.12)$$

де C - ціна на традиційне дизпаливо, що реалізується через реалізаторів виробником; P - податок на додану вартість, приймемо 16 %; $C_{розд}$ - роздрібна ціна на традиційне дизпаливо безпосередньо на бензоколонках. Згідно зібраної інформації на 04.12.2020 р. роздрібна ціна становить: дизпаливо стандартне 26 грн. 49 коп./літр, , за умови, що питома вага дизпалива дорівнює 0,88 кг/літр.

$$C = \frac{26,49}{1+0,16} = 22,83 \text{ грн./літр}$$

Згідно розрахунків за формулою (2.12) маємо, що роздрібна ціна на традиційне дизпаливо в Україні становитиме 22,83 грн./літр

З урахуванням вище перерахованих припущень перейдемо до визначення економічної ефективності виробництва біодизпалива в Україні. Для цього розрахуємо капітальні (інвестиційні) та експлуатаційні витрати, необхідні для створення промислових установок потужністю 6500 тон/рік та. На основі капітальних та експлуатаційних витрат обчислимо узагальнені техніко-економічні параметри та грошові потоки.

При обчисленні капітальних (інвестиційних) витрат приймемо:

1. Створення виробничих потужностей продуктивністю 6500 тон/рік здійснюється на обладнанні, яке виготовляється в Україні науково-виробничим підприємством «Тренд», ціни на яке наведені у рекламному проспекті фірми і внесені до таблиці 2.4.

2. Капітальні (інвестиційні) витрати складаються з витрат підготовчого періоду, які мають місце при підготовці та організації будівництва виробничих потужностей та витрат, необхідних для створення самих установок.

3. Вартість обладнання, матеріалів та комплектуючих, що використовуються при будівництві виробничих потужностей з отримання біодизпалива прийнята рівною станом на 04.12.2020 р. згідно інформації Інтернет, прайс-листів виробників.

Таблиця 2.4

Капітальні (інвестиційні) витрати необхідні для створення виробничий потужностей продуктивністю 6500 тон/рік та 20 тис. тон/рік (за базове прийнято обладнання виробництва України)

Перелік витрат		Розміри витрат, євро
		6500 тон/рік
1	2	3
1	Витрати підготовчого періоду	26300
2	Вартість розробки технічної документації на будівництво підприємств з виробництва біодизпалива. Згідно з нормами прийнята в розмірі 2% вартості обладнання (сума витрат за пунктами 3, 4, 5 та 6 цієї таблиці). Включає вартість узгодження цієї документації в контролюючих установах.	25460
3	Вартість основного обладнання (згідно з пропозиціями підприємства «Тренд»). До складу основного обладнання входять: реактори переетерифікації, реактор підготовки каталізатора, гомогенізатори, сепаратори, колони відгонки	

Продовження таблиці 2.4.

1	2	3
	метанолу, теплообмінники, градирня, різні типи насосів, фільтри, вакуум-насоси.	1070000
4	Вартість супутнього обладнання (преси, фільтри очистки масла, насоси для перегону, інше).	120000
5	Вартість контрольно-вимірювальних приладів та систем автоматики.	33000
6	Витрати на будівництво сховищ (згідно з пропозиціями підприємства «Тренд», потрібно вісім складів для зберігання насіння ріпаку, ріпакової олії, масла, метанолу, сірчаної кислоти, каустичної соди, біодизеля, гліцерину, шроту).	50000
7	Витрати на матеріали, будівельно-монтажні та пуско-налагоджувальні роботи (25% від вартості основного обладнання, пункт 3 цієї таблиці).	267500
8	Непередбачені витрати (7% від суми витрат за пунктами 1...7 цієї таблиці, згідно рекомендації ЮНІДО).	111458
	Всього	1703718

Далі обчислені експлуатаційні витрати, які мають місце при роботі зазначених вище виробничих потужностей. При обчисленні експлуатаційних витрат прийнято: *установка продуктивністю 6500 тон/рік*

<u>На вході:</u>		<u>На виході:</u>	
1. Насіння ріпаку	19825 тон	1. Моторне біодизпаливо	6500 тон
2. Метанол	936 тон	2. Гліцерин, очищення 50 %	1170 тон
3. Гідроксид калію (каустична сода)	123,5 тон	3. Шрот	12699 тон
4. Сірчана кислота	115,7 тон	4. Втрати, відходи	631,2 тон
Всього	21000,2 тон	Всього	21000,2 тон

Результати обчислення експлуатаційних витрат наведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

**Експлуатаційні витрати, необхідні для функціонування
промислових підприємств продуктивністю 6500 тон/рік**

Перелік витрат		Розміри витрат, євро/рік
		6500 тон/рік
1.	Вартість насіння ріпаку	9317750
2.	Вартість метанолу	374400
3.	Вартість сірчаної кислоти	28925
4.	Вартість каустичної соди	86450
5.	Вартість електроенергії. Розраховується на основі ціни за 1 кВт·год електроенергії, яка прийнята за 0,07 євро. При роботі обладнання потреби в електроенергії становлять приблизно 42,8 кВт·год на 1 тону біодизеля	19474
6.	Витрати на матеріали та комплектуючі для поточного ремонту (0,5% від вартості обладнання, сума витрат за пунктами 3, 4, 5 таблиці 5.1)	6115
7.	Витрати на поточний ремонт та обслуговування обладнання (0,3 % від вартості обладнання, сума витрат за пунктами 3, 4, 5 таблиці 5.1)	3669
8.	Заробітна плата персоналу. Приймається, що на підприємстві продуктивністю 6500 тон/рік працюють 20 чоловік, продуктивністю 20000 тон/рік працюють 65 чоловік. Середня зарплата одного працюючого – 350 євро на місяць	114 492
9.	Накладні витрати. Прийняті за 30 % від фонду оплати праці	34348
10.	Непередбачені витрати (автотранспорт, освітлення, телефон, відрядження, водопостачання, каналізація, місцеві податки, інше. Прийняті за 3 % від суми витрат за пунктами 1...7 цієї таблиці)	295103
Всього функціонально - адміністративних витрат		10280726
11.	Амортизація (5% від суми витрат за пунктами 3, 4, 5, 6 таблиці 2.4)	63650
Всього експлуатаційних витрат		10 344 376

Нарахування на заробітну плату єдиний соціальний податок становлять 36,3%.

Також при розрахунках узагальнених техніко-економічних параметрів прийнято:

– роздрібна ціна на біодизпаливо становить: в країнах Західної Європи 1,28 євро/кг (мінімальна), в Україні 0,875 євро/кг (обґрунтування дивись на початку даного розділу);

– роздрібна ціна на гліцерин становить 20 євро/тону (за відомостями фірми «Арзон», Київ;

– роздрібна ціна на шрот становить 250 євро/тону.

Для розрахунку узагальненої собівартості отриманої продукції можна застосувати наступну формулу:

$$C = \frac{E}{V_{\text{сум}}}, \quad (2.13)$$

де C – собівартість 1 тони виробленої продукції; E – річні експлуатаційні витрати згідно таблиці 2.5; $V_{\text{сум}}$ – сумарний об'єм продукції що виробляється і який розраховується за залежністю:

$$V_{\text{сум}} = V_{\text{біодиз}} + V_{\text{шрот}} + V_{\text{гліцер}}, \quad (2.14)$$

де $V_{\text{біодиз}}$, $V_{\text{шрот}}$, $V_{\text{гліцер}}$ – річний об'єм виробництва біодизелю, шроту та гліцерину.

$$V_{\text{сум}} = 15300 + 3563 + 1500 = 20363 \text{ тон}$$

$$C = \frac{E}{V_{\text{сум}}} = \frac{10344376}{20363} = 508 \text{ євро/тону}$$

Розрахунки за формулами (2.13 і 2.14) показали, що узагальнена собівартість продукції становить для установки продуктивністю 6500 т/рік – 508 євро/тону.

Процентна частка ціни кожного з продуктів, що виробляються, по відношенню до сумарної ціни становить:

$$1280 \text{ євро / тонну} + 250 \text{ євро / тонну} + 120 \text{ євро / тонну} = 1650 \text{ євро / тонну}$$

$$78\% + 15\% + 7\% = 100\%.$$

Таким чином, при прийнятих умовах, собівартість кожного з вироблених установкою з отримання біодизпалива продуктів становитиме:

$$C_{\text{біодиз}} = 0,78C; C_{\text{шрот}} = 0,15C; C_{\text{гліцер}} = 0,07C. \quad (2.15)$$

Підставляючи в залежність (2.15) числові значення величин отримуємо величину собівартості продукції, яка наведена у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6

Собівартість продукції отриманої на обладнанні з виробництва біодизпалива

Продуктивність установки, тон/рік	Собівартість, євро/тону			
	Виробленої продукції в цілому	в тому числі		
		біодизпалива	шроту	гліцерину
6500	508	396,24	76,2	35,56

Для визначення терміну окупності капіталовкладень в проекти з виробництва біодизпалива, застосована наступна залежність:

$$T = \frac{K}{\Pi_{\text{оподат.}}}, \quad (2.16)$$

де T – термін окупності; K – капіталовкладення в створення виробництва; $\Pi_{\text{оподат.}}$ – оподаткований прибуток що обчислюється за формулою:

$$\Pi_{\text{оподат.}} = \Pi_{\text{неоподат.}} \cdot (1 - n), \quad (2.17)$$

де $\Pi_{\text{неоподат.}}$ – неоподаткований прибуток; n – податок на прибуток. Як прийнято раніше становить 16% або 0,16.

$$\Pi_{\text{оподат.}} = 7696708 \cdot (1 - 0,16) = 6465235 \text{ євро}$$

$$T = \frac{10344376}{6465235} = 1,6 \text{ року}$$

Таким чином, при існуючих в Україні, цінах на дизпаливо, при продуктивності 6500 т/рік, термін окупності капіталовкладень у проект з виробництва біодизпалива в Україні становить 1,6 року.

Далі виконаний аналіз беззбитковості розглянутого проекту створення та експлуатації виробничої установки для отримання рідкого моторного біопалива потужністю 6500 т/рік.

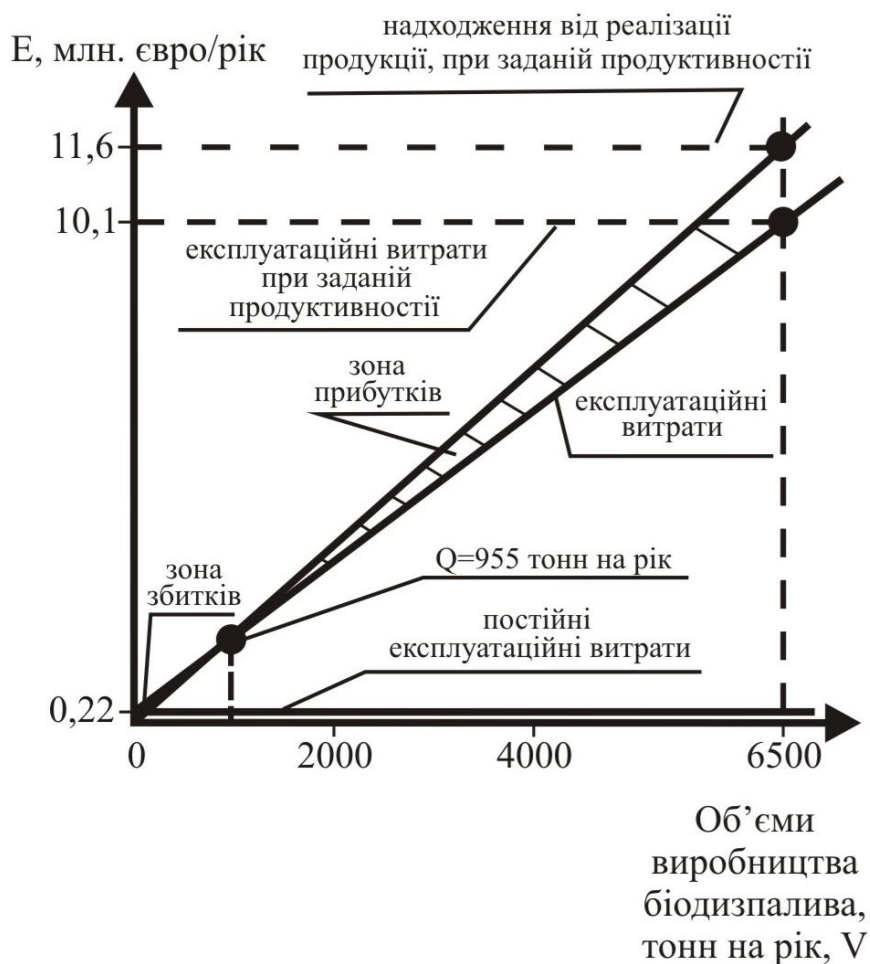


Рис. 2.1. Визначення точки беззбитковості для проекту потужністю 6500 т/рік біодизпалива

На рис. 2.1 побудовані графіки, які використані для оцінки точки беззбитковості інвестиційних варіантів розглянутого проекту. Аналіз цих графіків дає змогу стверджувати, що:

1. Обсяги виробництва біодизпалива, вище яких проект є беззбитковим, становлять для установки продуктивністю 6500 тон/рік – близько 955 тон/рік.

2. Обсяги виробництва, вище яких розглянутий варіант проекту є беззбитковими, становлять 9...11% запланованих обсягів виробництва.

3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1. Технології перетворення біомаси в рідке моторне біопаливо

Розглянемо існуючі технології перетворення біомаси в рідке моторне біопаливо. При цьому під рідким моторним біопаливом будемо розуміти отримані з біомаси в результаті взаємопов'язаних теплофізичних, хімічних або біохімічних процесів рідкі речовини, які згоряючи в достатньо короткий проміжок часу виділяють таку ж кількість теплоти, що й традиційні види рідкого палива і які можна використовувати при експлуатації двигунів та паливних пристроїв різної конструкції і призначення.

На рисунку 3.1 наведені існуючі в світі і в Україні схеми виробництва та використання рідкого моторного біопалива. Як видно з наведених схем, рідке моторне біопаливо за напрямом використання можна розділити на:

- рідке моторне біопаливо придатне для використання у двигунах з зовнішнім утворенням суміші паливо-повітря (карбюраторні двигуни);
- рідке моторне біопаливо придатне для використання у двигунах з утворенням суміші паливо-повітря всередині двигуна (дизельні двигуни);
- рідке біопаливо придатне для використання в паливних котлах замість мазуту.

Рідке моторне біопаливо придатне для використання у двигунах з зовнішнім утворенням суміші паливо-повітря отримується трьома шляхами:

1. Ферментацією біомаси;
2. Газифікацією біомаси;
3. Швидким піролізом біомаси.

Виробництво біоетанолу методом ферментації схематично складається з чотирьох етапів.

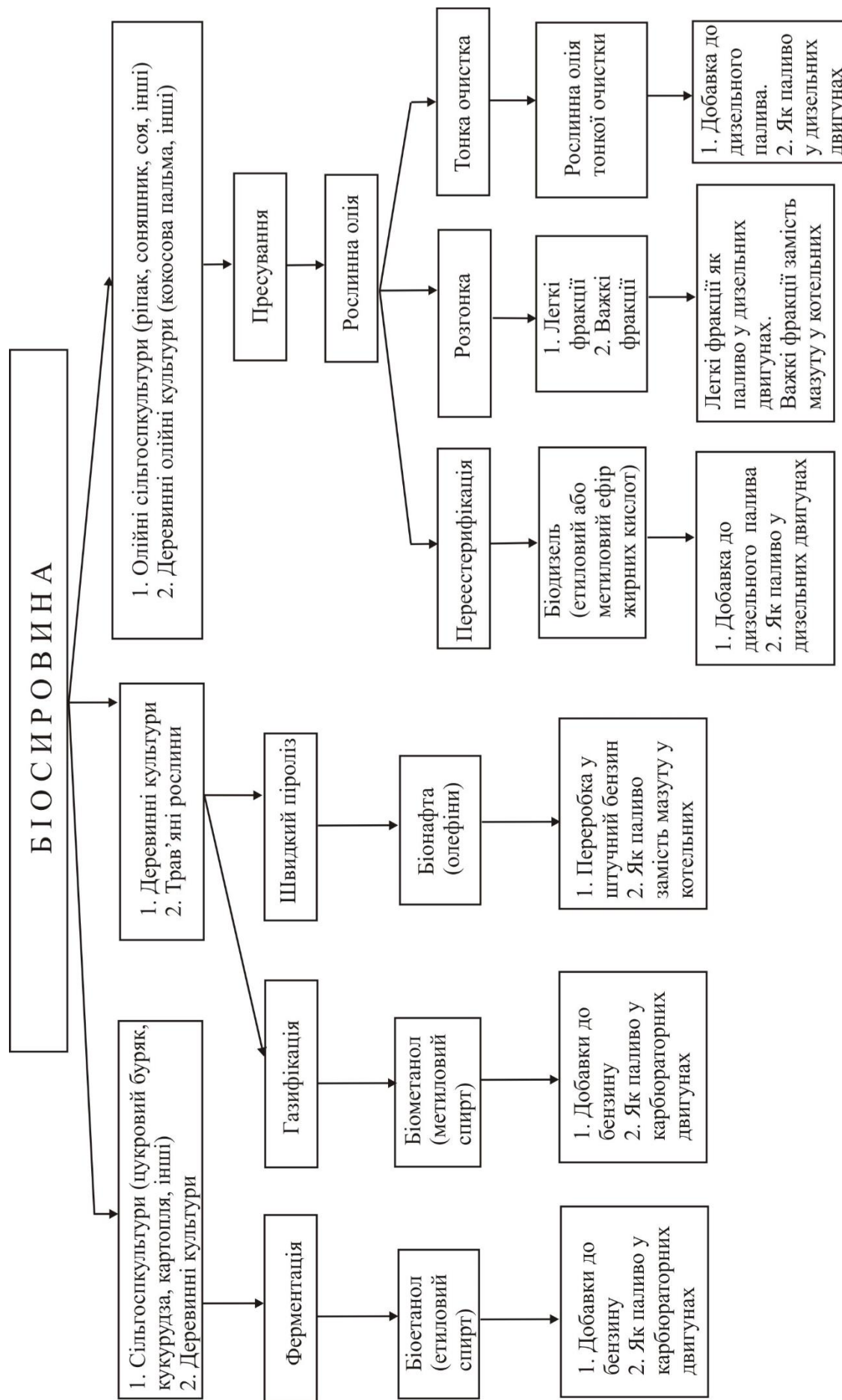


Рис. 3.1. Існуючі схеми виробництва та використання рідкого моторного палива

На першому етапі виробництва біоетанолу організується вирощування, постачання та складування біосировини. В Україні для виробництва біоетанолу перспективно використовувати наступні чотири основні групи біосировини:

1. Моносахариди, що отримуються з цукрового буряку, цукрової тростини, фруктів, і які безпосередньо можуть бути ферментовані у біоетанол (глюкоза, фруктоза, ксілоза, рибоза, маноза, арабіноза);

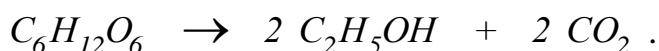
2. Олігосахариди, що отримуються з цукрового буряку, цукрової тростини (сахароза). Перед ферментацією олігосахариди гідролізують до моносахаридів;

3. Полісахариди, що отримуються з зернових культур та коренеплодів, зокрема, з картоплі (крохмаль). Перед ферментацією полісахариди гідролізують до моносахаридів;

4. Полісахариди, що отримуються з деревини та відходів сільгоспвиробництва (целюлоза). Полісахариди теж перед ферментацією гідролізуються до моносахаридів.

Загальна кінетика процесу ферментації та ефективність перетворення вихідної біосировини в біоетанол суттєвим чином залежать від другого етапу виробництва біоетанолу, а саме від попередньої підготовки біосировини для ферментації. При попередній підготовці біосировина очищується, миється, подрібнюється, після чого моносахариди поступають безпосередньо для ферментації, а олігосахариди та полісахариди попередньо перед ферментацією гідролізуються до моносахаридів у відповідному реакторі.

На третьому етапі, після попередньої підготовки та гідролізу, біосировина піддається ферментації. Теоретично цей процес описується наступним чином:



(моносахариди) (біоетанол) (вуглекислий газ)

Виділяють дві основні технології проведення процесу ферментації: періодична та безперервна ферментація. При періодичній ферментації належним чином підготовлену біосировину завантажують у ферментер (зброжуючий апарат) і додають до неї посівну культуру. Процес ферментації (бродиння)

продовжується 2...3 доби, після чого ферментер очищується і процес повторюється знову. При безперервній ферментації біосировина безперервно додається у ферментер при безперервному виході з нього продуктів ферментації (зародження), які містять в собі біоетанол та клітинний матеріал. Після закінчення процесу ферментації, продукти ферментації, так зване сусло, спрямовують для дистиляції у перегінний апарат, де з них відганяють неочищений біоетанол. Дистиляція сусла основана на різниці температур кипіння біоетанолу ($78,3^{\circ}\text{C}$) і води (100°C). Здійснюється шляхом випаровування біоетанолу з наступною конденсацією його пари. Неочищений біоетанол містить до 95% в результаті отримуються: біоетанол ректифікат (95,5% спирту та 4,5% води) або біоетанол ректифікат вищої очистки (96,5% спирту та 3,5% води). Неочищений біоетанол та біоетанол ректифікат можна використовувати як рідке біопаливо. Біоетанол ректифікат вищої очистки використовується у харчовій та медичній промисловості.

Слід підкреслити, що збільшення концентрації спирту в очищеному біоетанолі методом подальшої дистиляції неможливе в зв'язку з утворенням стійкої азеотропної суміші: спирт – вода. Для подальшої дегідратації (обезводнення) очищеного біоетанолу використовується метод дистиляції з додаванням до очищеного біоетанолу азеотропних елементів таких, як бензол, циклогексан, інші. Ці елементи утворюють разом з очищеним біоетанолом трикомпонентний розчин, який кипить при більш низькій температурі, що дозволяє виділити безводний біоетанол (99,9% спирту та 0,1% води). Безводний біоетанол є найбільш придатним для використання в якості біопалива.

3.2. Енергозберігаюча технологія виробництва біоетанолу

Ферментація (збродження) являє собою процес розпаду органічних речовин під дією ферментів. Рідким моторним біопаливом, що отримується ферментацією, є біоетанол (етиловий спирт $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$).

Оскільки меляса дешевша від зерна, то на біоетанол переробляють саме її, а із зерна одержують ректифікований спирт для високоякісних алкогольних напоїв. Зі збільшенням виробництва зерна в Україні та за умов його комплексної переробки за ефективними технологіями з одержанням сухої зернової барди цілком економічно виготовляти біоетанол з крохмалевмісної сировини.

В табл. 3.1 наведені відомості стосовно виходу біоетанолу при ферментації різних видів біосировини.

Таблиця 3.1

Вихід біоетанолу з різних видів біосировини

№ п/п	Біосировина	Вуглевод, його хімічна формула	Вміст вуглеводів, %	Вихід очищеного біоетанолу з однієї тонни культури, тонн
1.	Жито	Крохмаль (C ₆ H ₁₀ O ₅) _n	62	0,32
2.	Пшениця	Крохмаль (C ₆ H ₁₀ O ₅) _n	58	0,3
2.	Картопля	Крохмаль (C ₆ H ₁₀ O ₅) _n	18	0,098
4.	Кукурудза	Крохмаль (C ₆ H ₁₀ O ₅) _n	60	0,29
5.	Цукровий буряк	Сахароза C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	16	0,073
6.	Деревина	Целюлоза [C ₆ H ₇ O ₂ (OH) ₃] _n	50	0,34

Принципову схему виробництва біоетанолу з меляси наведено на рис. 3.2.

В результаті отримуються: біоетанол ректифікат (95,5% спирту та 4,5% води) або біоетанол ректифікат вищої очистки (96,5% спирту та 3,5% води).

Неочищений біоетанол та біоетанол ректифікат можна використовувати як рідке біопаливо. Біоетанол ректифікат вищої очистки використовується у харчовій та медичній промисловості.

Слід підкреслити, що збільшення концентрації спирту в очищеному біоетанолі методом подальшої дистиляції неможливе в зв'язку з утворенням стійкої азеотропної суміші: спирт – вода. Для подальшої дегідратації

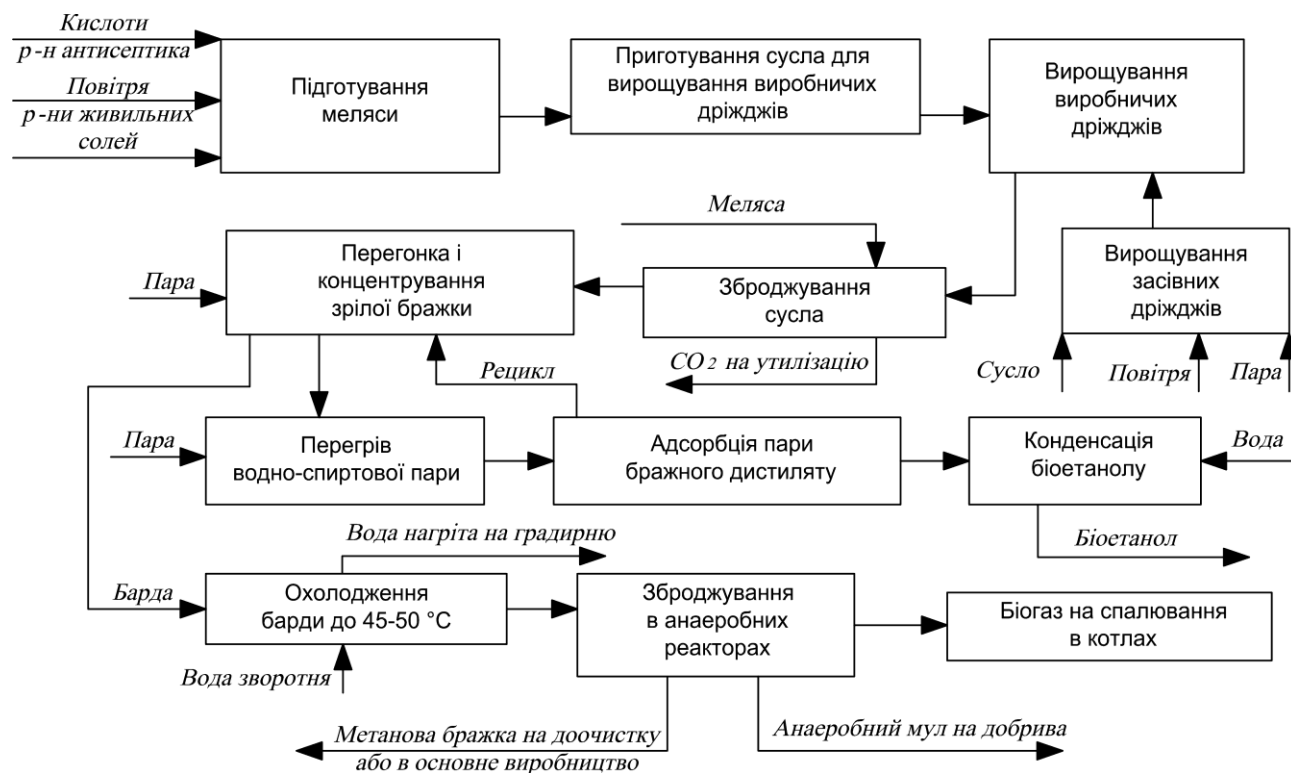


Рис. 3.2. Схема виробництва біоетанолу з меляси

(обезводнення) очищеного біоетанолу використовується метод дистиляції з додаванням до очищеного біоетанолу використовується метод дистиляції з додаванням до очищеного біоетанолу азеотропних елементів таких, як бензол, циклогексан, інші. Ці елементи утворюють разом з очищеним біоетанолом трикомпонентний розчин, який кипить при більш низькій температурі, що дозволяє виділити безводний біоетанол (99,9% спирту та 0,1% води). Безводний біоетанол є найбільш придатним для використання в якості біопалива.

Наступний етап виробництва біоетанолу методом ферментації являє собою переробку та реалізацію побічних продуктів. Слід підкреслити, що асортимент побічних продуктів ферментації залежить від біосировини, що використовується. В табл.3.2 наведені приклади використання побічних продуктів спиртової ферментації.

Таблиця 3.2

Приклади використання побічних продуктів ферментації

№	Назва побічного продукту	Напрямки використання
1.	Протеїн	Високоякісна добавка до кормів
2.	Донні залишки зброджуючого апарату	Добрива, сировина для анаеробного виробництва біогазу (метану), корма для худоби
2.	Відходи перегінного апарату	Корма для худоби, добрива, отримання енергетичної сировини

Узагальнену структурну схему процесу виробництва етанолу методом обезводнення на молекулярних ситах (молекулярна абсорбція) наведено на рис. 3.3.

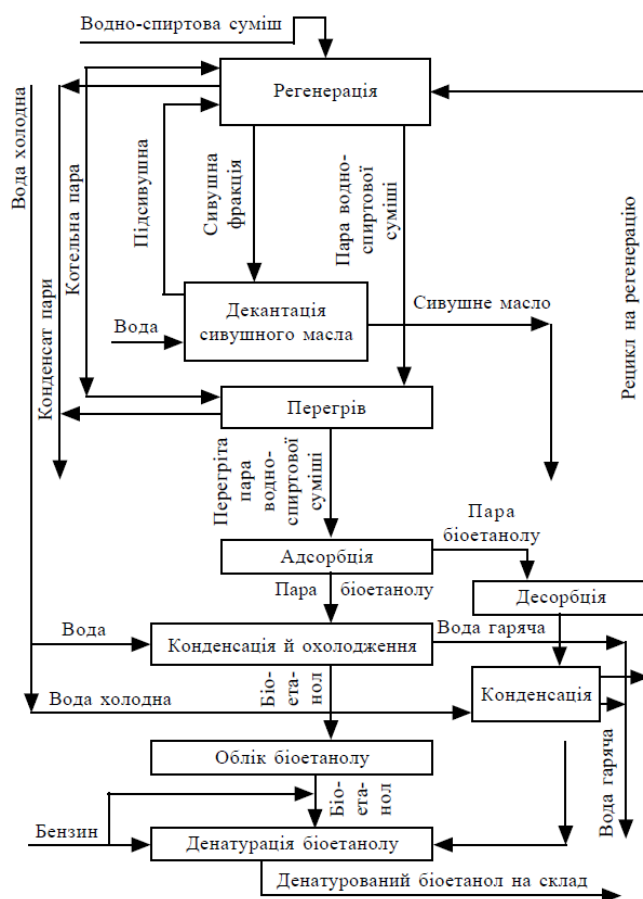
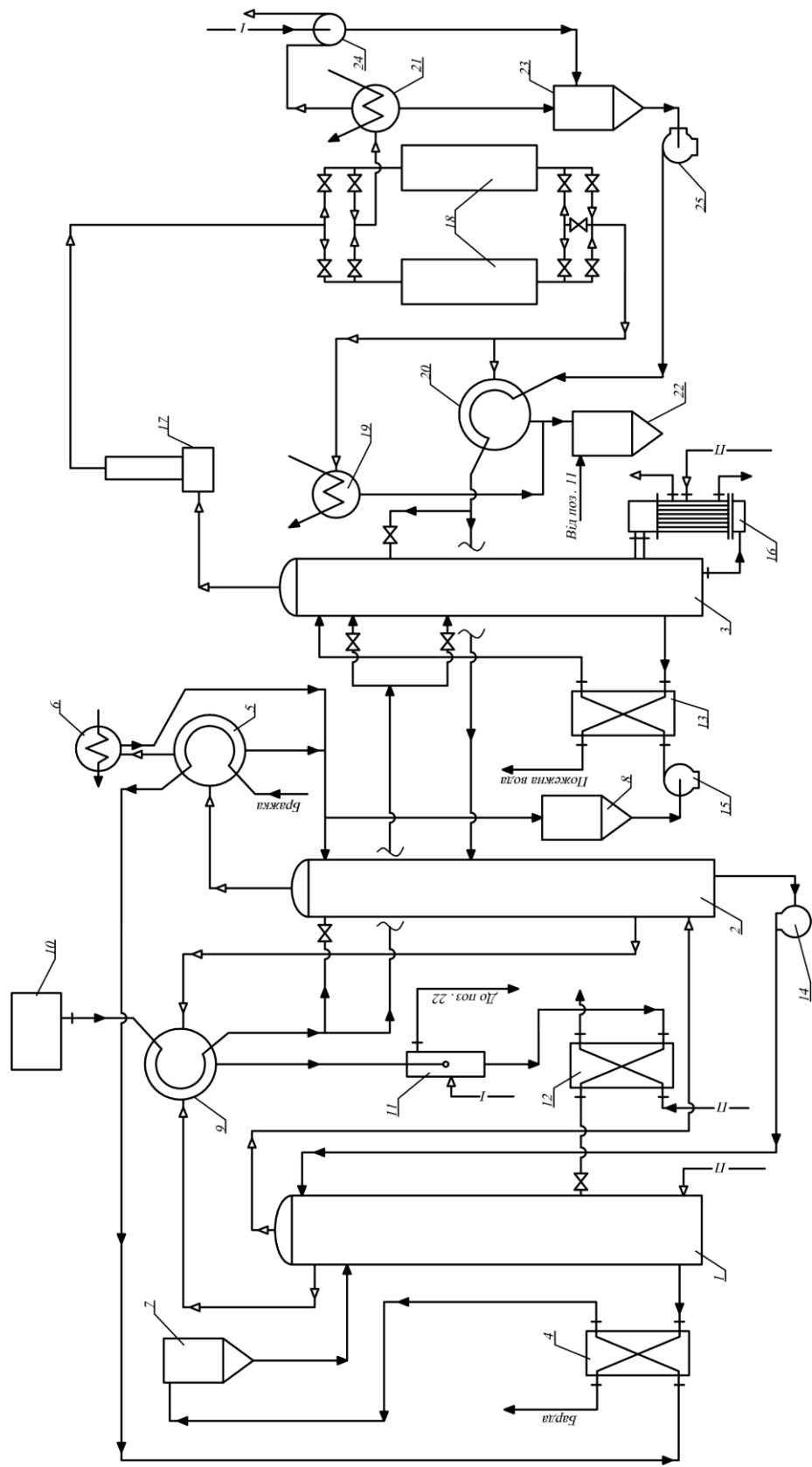


Рис. 3.3. Отримання біоетанолу методом обезводнення на молекулярних ситах (молекулярної абсорбції)

Принципову схему енергозберігаючої установки виробництва етанолу методом обезводнення на молекулярних ситах (молекулярна абсорбція) наведено на рис. 3.4.



1- бражна колона; 2 - концентраційна колона; 3 - регенераційна колона; 4 - підігрівник; 5 - підігрівник бражки; 6 - бражна бражка; 7 - сепаратор бражки; 8 - збирач; 9 - конденсатор; 10 - накопичувач; 11 - сивухопромивач; 12, 13 - підігрівники; 14, 15 - насоси; 16 - кипятильник; 17 - пароперегрівник; 18 - адсорбер; 19 - конденсатор; 20 - підігрівник ре циклу; 21 - конденсатор; 22, 23 - збирачі біоетанолу; 24, 25 - насоси.

Рис. 3.4. Принципова схема енергозберігаючої установки виробництва етанолу

Біоетанол, як рідке біопаливо для двигунів внутрішнього згорання з зовнішнім утворенням паливо-повітряної суміші (карбюраторних) можна використовувати двома шляхами:

1. Як добавка до бензину;
2. Безпосередньо в якості палива.

В табл. 3.4 наведені деякі фізико-хімічні та експлуатаційні властивості біоетанолу, що може використовуватись в якості рідкого палива для двигунів внутрішнього згорання.

Таблиця 3.4

Фізико-хімічні та експлуатаційні властивості рідкого біоетанолу, що використовується в карбюраторних двигунах внутрішнього згорання

Показники	Бензин	Біоетанол
1. Густина, кг/м ³ , при 20°C	710...760	790
2. Температура, °C		
- кипіння	35...195	78
- застигання	-60...-80	-114,6
2. Тиск насичених парів при 38°C, кПа	65...92	17
4. Стехіометричний коефіцієнт, кг/кг	14,5...15,0	9,06
5. Температура згорання, °K	2336	2235
6. Теплота згорання, МДж/кг	42...45	26,9...27,2
7. Октанове число		
- за моторним методом	66...85	92
- за дослідним методом	75...95	108
8. Хімічний склад палива, %:		
8.1. Вуглець, С	85	52,12
8.2. Водень, Н ₂	15	13,14
8.2. Кисень, О ₂	-	34,47

Практично всі карбюраторні двигуни без будь-якої переробки можуть спалювати суміші бензину з добавками очищеного біоетанолу до 10%, або бензину з добавками обезводненого біоетанолу до 20%. До речі, суміш бензину з 10% добавкою обезводненого біоетанолу має назву «газохол». Важливою

особливістю газохолу є його властивість витримувати ударні навантаження без вибуху, тому його використання доречніше, ніж застосування свинцево-вміщуючих добавок з тетраетилсвинцем, які викликають серйозне забруднення атмосфери.

При використанні у двигунах в якості палива безпосередньо біоетанолу, потрібне переобладнання як карбюратора, так і самого двигуна. Виконання цього переобладнання проводиться як з урахуванням фізико-хімічних властивостей біоетанолу, як палива, так і з врахуванням гідрофільного характеру біоетанолу. Справа у тому, що біоетанол, а також його суміші з бензином втягують воду значно швидше бензину. Наявність води викликає прискорену корозію деталей двигуна, сприяє розділенню фаз палива.

3.3. Енергозберігаюча технологія виробництва біодизельного палива

Для отримання біодизельного палива у Європі переважно користуються двома принциповими схемами: «французькою» і «німецькою». Французька – передбачає централізоване виробництво біопалива.

За «німецьким» варіантом одержання біодизельного палива здійснюється децентралізовано на невеликих установках переетерифікації, кожна з яких може переробляти ріпакове насіння, зібране з 5-10 тис. га (рис. 3.5).

Біодизель виробляється, як відзначалось вище, з будь-якої олії чи жиру шляхом етерифікації. Біодизель з ріпакової олії має найкращі властивості, тобто найнижчу температуру застигання, тоді як для соєвої, а особливо пальмової олії ця точка є набагато вищою. Саме тому біодизель з пальмової олії може використовуватися лише протягом літніх місяців і лише до певної міри.

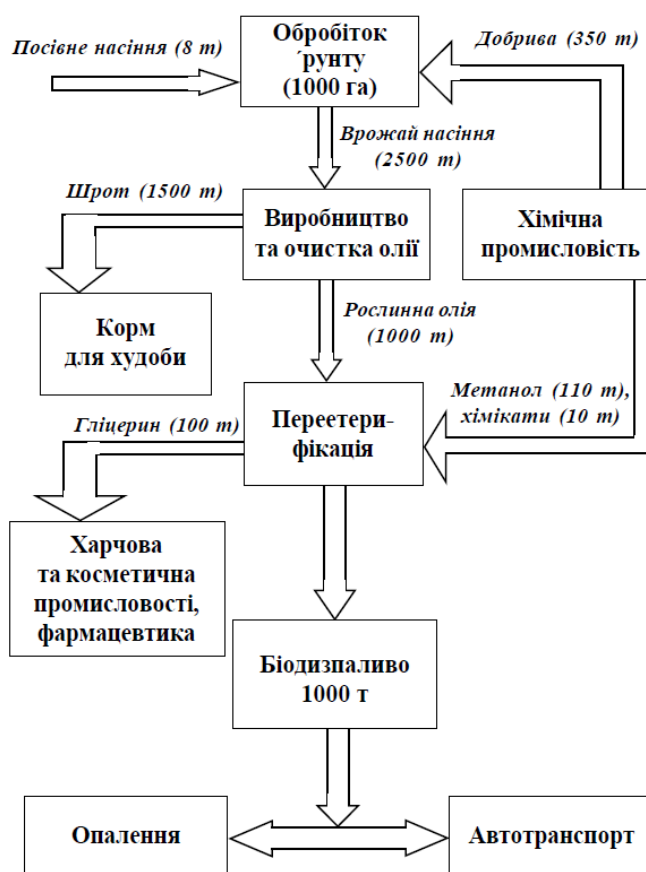


Рис. 3.5. Принципова схема отримання біодизельного палива з насіння ріпаку

В табл. 3.5 наведені відомості по кількості рослинної олії, яку можна отримати з різних видів рослин методом пресування.

Таблиця 3.5

Вихід рослинної олії при пресуванні різних видів рослин

Насіння маслинних рослин	Вміст олії, %	Вихід олії з однієї тонни насіння, кг (в середньому)
1. Соняшник	29...57	400
2. Соя	12...25	180
2. Ріпак	36...40	370
4. Коноплі	30...38	340
5. Арахіс, ядро	41...69	490

Повний технологічний процес переробки насіння ріпаку у біодизельне паливо включає умовно три етапи.

На першому етапі переробки здійснюють приймання сировини, її зберігання в резервуарах та подачу до ділянки пресування. Важливим кроком до виробництва біодизелю є закупівля насіння ріпаку (варіанти можуть бути різними) для забезпечення роботи заводу протягом всього року. При біодизельному виробництві очищене і висушене насіння ріпаку зберігають в технологічному сховищі, розміщеному здебільшого поруч з олійницею.

На другому етапі переробки насіння для вижимки беруть з резервуару і подають до обладнання попередньої підготовки, де його звільняють від сторонніх предметів, домішок пилу тощо. Потім насіння дозовано подають у шнековий прес, де відбувається процес вижимки олії. Олію з насіння ріпаку вижимають пресами з продуктивністю від 200 кг/год до 100 т/год залежно від масштабу виробництва. Преси звичайно шнекові, одно- або багатосекційні, можуть бути обладнані попередніми камерами, де насіння підігрівається, що поліпшує процес віджимання олії. Приблизно 40-44% насіння ріпаку в сухій масі складають жири, а після одноразової вижимки у шроті залишається до 10-12% жиру. Описаний процес вижимки називається холодною вижимкою, оскільки температура олії не перевищує 50-60°C. Для такої вижимки застосовують спеціальні преси (рис. 3.6).

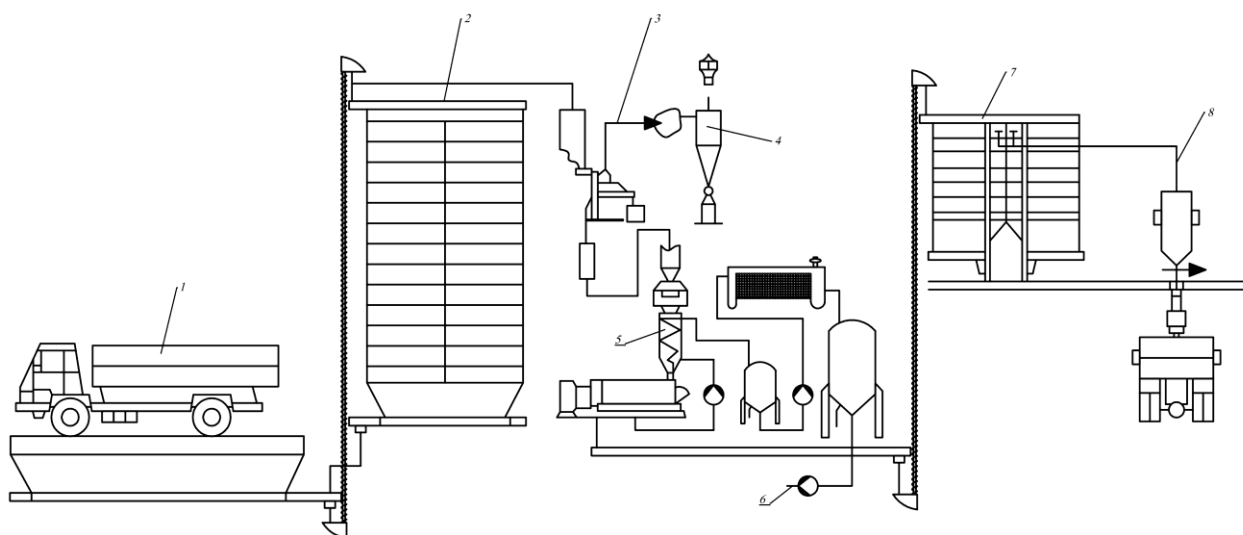
Отримана олія стікає в резервуар, а звідти подається до фільтраційних установок, де відбувається відділення твердих частинок. Далі олія підлягає подальшому очищенню з осадженням фосфорних сполук, а вільні жирні кислоти нейтралізуються і вимиваються. Потім олію зневоднюють і зберігають у резервуарі для чистої олії.

В табл. 3.6 наведені деякі характеристики рослинної олії тонкої очистки, яка використовується в якості рідкого моторного палива.



Рис. 3.6. Прес для холодної ($t = 50-60^{\circ}\text{C}$) вижимки олії з насіння ріпаку

Вони входять до складу ліній з виробництва рослинної олії (рис. 3.7).



1 - розвантаження насіння; 2 - зберігання сировини; 3 - подача насіння на переробку; 4 - фільтрування пилу; 5 - пресування насіння; 6 - фільтрування та подача олії до лінії виробництва біопалива; 7 - зберігання шроту; 8 - відвантаження шроту

Рис. 3.7. Схема господарської олійниці

Таблиця 3.6

Фізико-хімічні та експлуатаційні властивості рідкого біопалива, що використовується в дизельних двигуна внутрішнього згорання

Показники	Традиційне дизельне пальне	Олія тонкої очистки			Біодизпаливо з ріпакової олії
		Ріпакова	Соняш-никова	Соева	
1. Щільність, при 20°C, кг/м ³	820...870	900...930	920...930	920...930	860...900
2. Температура, °C					
- кипіння	180...360	-	-	-	-
- застигання	-10...-60	-3	-16	-15	-8...-10
2. Тиск насичених парів при 38°C, кПа	0,2...0,35	-	-	-	-
4. Стехіометричний коефіцієнт, кг/кг	14,1...14,3	12,9	12,5	12,5	12,6
5. Температура спалаху, °C	55	224	243	318	120
6. Теплота згорання, МДж/кг	41...43,5	36,7	39,7	39,4	37,5
7. Цетанове число	45...55	44...49	58	48...51	48...51
8. Хімічний склад %:	87	78,2	77	77	77,5
8.1 Вуглець, С	12,6	12,08	12	12	12,0
8.2 Водень, Н ₂	0,4	9,72	11	11	10,5
8.2 Кисень, О ₂					

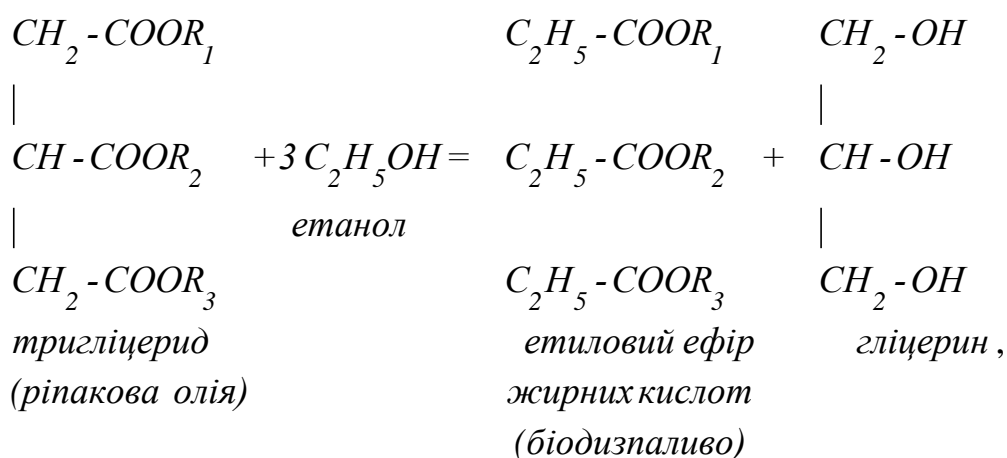
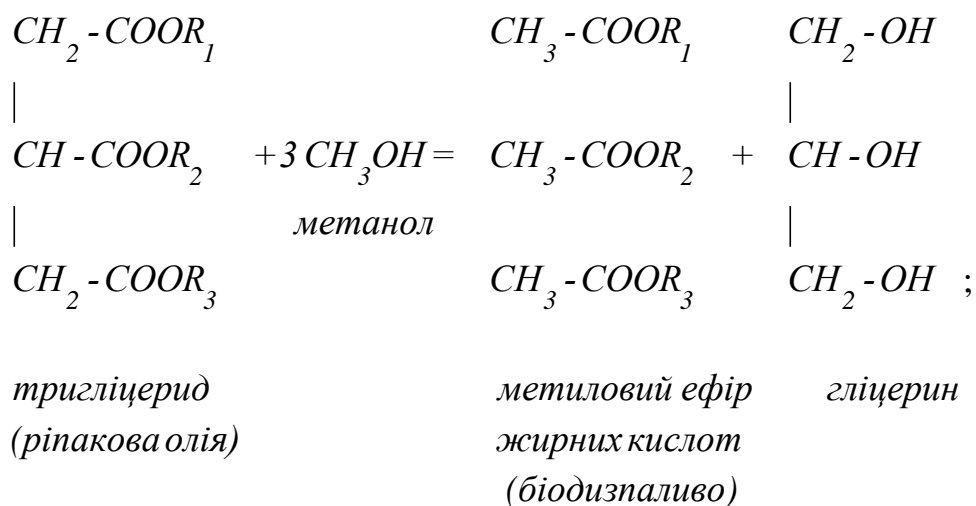
Отримана в результаті пресування насіння рослинна олія переробляється в рідке біопаливо за допомогою наступних технологій:

1. Тонка очистка рослинної олії;
2. Розгонка рослинної олії;
3. Переестерифікація рослинної олії.

Переестерифікація є найпоширенішим способом отримання біодизелю з рослинної олії та тваринних жирів спиртами (етиловим, метиловим, ізопропіловим, бутанол).

Переестерифікація – це процес, який має місце між рослинними оліями, які з хімічної точки зору є тригліцеридами (гліцериновими ефірами насичених жирних кислот) та одновалентними спиртами, в присутності кислотних, або лужних каталізаторів, в результаті якого отримуються етилові, або метилові ефіри жирних кислот та гліцерин. Рідким паливом, що виробляється за допомогою переестерифікації є біодизель (метиловий або етиловий ефір жирних кислот).

Теоретично процес переестерифікації проходить наступним чином:



де: R_1 ; R_2 ; R_3 - радикали жирних кислот.

Виділяють дві технології отримання біодизпалива за допомогою переестерифікації:

- «холодну» технологію, за якої процес отримання рідкого біопалива проходить при температурі 20...70°C із застосуванням лужних каталізаторів;

- «гарячу» технологію, яка вимагає перебігу реакції при температурі 240°C і під тиском близько 10 МПа.

В таблиці 3.7 наведені відомості стосовно виходу біодизпалива при переестерифікації різних видів рослинних олій.

Таблиця 3.7

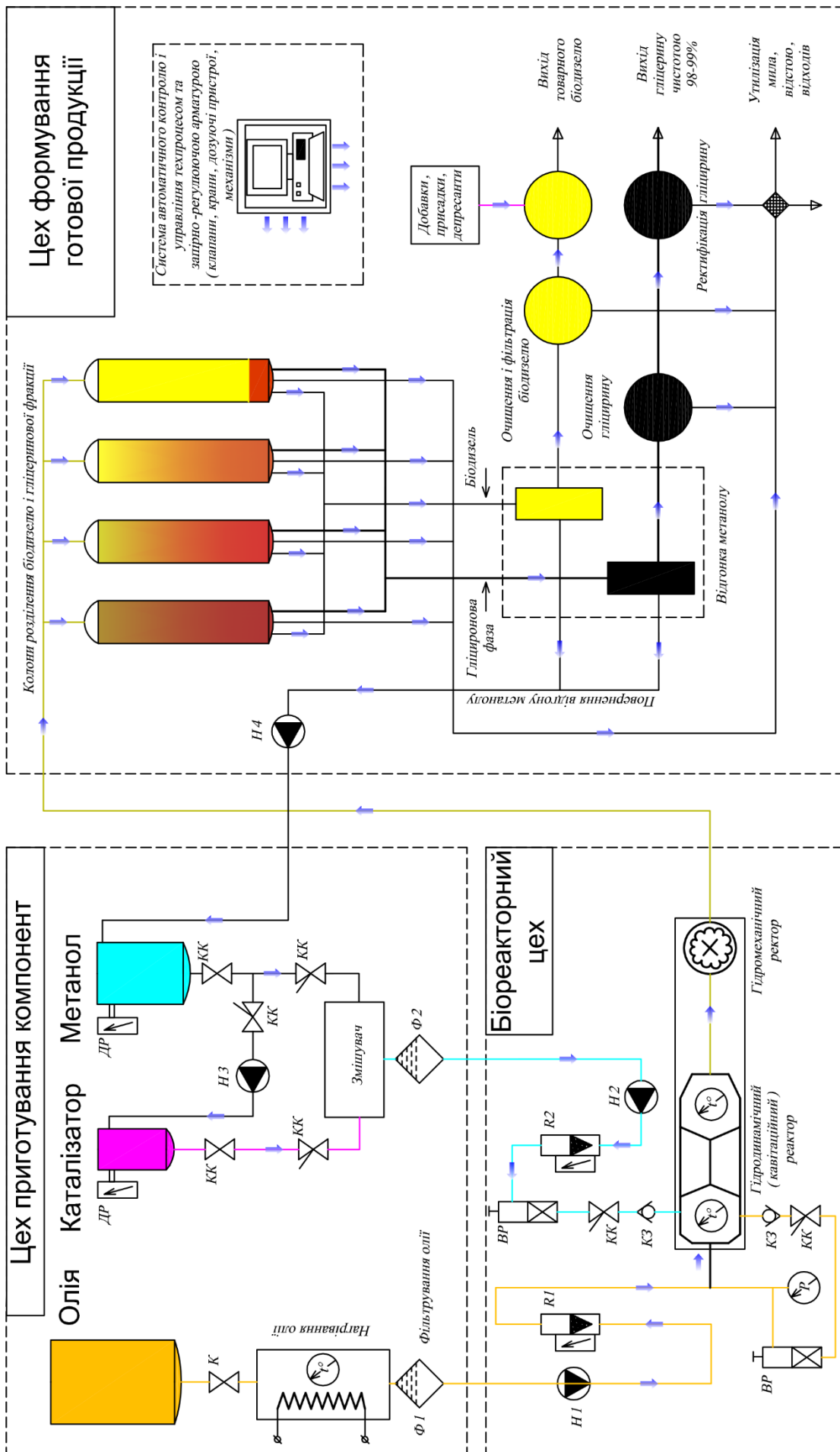
**Вихід біодизпалива при переестерифікації різних видів
рослинних олій**

Рослинна олія	Вміст олії, %	Вихід біодизпалива при переестерифікації однієї тонни насіння, кг (в середньому)
1. Соняшникова	29..57	350
2. Ріпакова	36...40	340
2. Соєва	12...25	170

Процес отримання біодизельного палива за допомогою «холодної технології» доцільно реалізовувати на господарських та малих переробних підприємствах. Важливим економічним чинником даної технології вважають можливість зменшення обсягів перевезення сировини і продуктів та витрат на це; шроти і біодизель можуть надходити безпосередньо до виробників сільськогосподарської продукції. За врожаю ріпаку в 21 ц/га, скориставшись цією технологією, можна отримати в перерахунку на 1 гектар 691 літр біодизелю та 1300 кг шротів.

За «гарячої технології» виробництва біодизелю ефективність процесу трансестерифікації коливається у межах від 90 до 99%.

Принципову схему комплексу виробництва біодизелю подано на рис.3.7.



К - крани шарові не керовані; КК - крани шарові керовані; КЗ - клапани зворотні; ВР - вентиля регулюючі; Ф - фільтри;
 Н - насоси; R - витратоміри (ротометри); Р - датчики тиску, t° - датчики температури; ДР - датчики рівня

Рис. 3.7. Принципову схему комплексу виробництва біодизелю

За даної технології у числі забруднювачів мило калію, метанол, вода та гліцерин. За допомогою підкисленої води вимивається мило. Процес може мати періодичний або безперервний характер. Управління технологічним процесом в установці повинне забезпечувати дозування олії, розчинів метанолу та підкисленої води за допомогою витратомірів. Технологічну воду, що включає непрореаговані частки калійного мила й інших речовин, перед відправкою до каналізаційної мережі попередньо очищають в очиснику стоків.

В процесі виробництва біодизелю олія через фільтр Ф1 та проточний підігрівач, насосом Н1 подається в гідродинамічний кавітаційний реактор рис.3.8.



Рис. 3.8. Загальний вигляд гідродинамічного кавітаційного реактора

Витрата олії контролюється витратоміром R1. У вакуумну порожнину гідродинамічного кавітаційного реактора через регулюючий вентиль ВР і витратомір R2 з подається заздалегідь приготований розчин каталізатора в спирті (КОН в метанолі). Перемішування розчину відбувається насосом Н2. У гідродинамічному кавітаційному реакторі (рис.3.8) відбувається перша ступінь реакції перестерифікації рослинної олії метаном.

Завдяки інтенсивним процесам кавітацій в гідродинамічному кавітаційному генераторі і гідродинамічному генераторі відбувається розрив молекул жирних кислот, що значно збільшує швидкість протікання реакції і покращує якість енергетичних характеристик біодизелю.

Після гідродинамічного генератора суміш потрапляє в колони розділення біодизелю і гліцеринової фракції, де відбувається її розділення на біодизель і водно-гліцеринову суміш. Готове біодизельне паливо проходить через фільтри і переміщується в означених стандартами пропорціях з традиційним дизельним паливом з додаванням певних присадок для стабілізації його якості та подається на відвантаження.

За бажанням комплекс може бути обладнаний системами керування що дозволяють працювати, або в ручному режимі, або повністю в автоматичному. Другий варіант дорожчий, але він виключає вплив людського чинника на якість продукції і вірогідність випуску палива низької якості.

Гліцеринова фракція за великого його масштабу може бути переробленою на тому самому заводі у технічний або фармацевтичний гліцерин. Кількість виробленої гліцеринової фракції досягає 12% обсягу сирової олії. Отриманий гліцерин використовують у харчовій, хімічній та косметичній промисловості, а також для збагачення органічних добрив, зокрема гною та гноївки.

Головним конструктивним елементом вищерозглянутої технологічної схеми є реактор переестерифікації, в якому здійснюється процес фізико-хімічного перетворення вихідної сировини до кінцевого продукту. Цей процес фізико-хімічного перетворення здійснюється при певному заданому технологічному режимі. Під технологічним режимом розуміється сукупність основних факторів (параметрів), які впливають на швидкість процесу фізико-хімічного перетворення речовин в реакторі переестерифікації, вихід та якість кінцевого продукту. Для процесу, що розглядається, виробництва біодизеля основними параметрами технологічного режиму реактора є концентрації в ньому взаємодіючих речовин, температура, тиск, ступінь перемішування реагентів,

активність каталізатора. Розрахунки цих параметрів необхідні для визначення конструкції та розмірів реактора переестерифікації, вибору оптимального технологічного режиму його експлуатації.

Запропонована енергозберігаюча схема виробництва біодизелю з застосуванням гідродинамічного перемішування яка збільшує вихід палива на 7,4% у порівнянні з механічним перемішуванням і зменшує споживання енергії на процес: гідродинамічна кавітація - 183 Вт·год/кг при механічному перемішуванні - 500 Вт·год/кг.

3.4. Загальна енергетична ефективність виробництва та застосування рідкого моторного біопалива

Визначимо загальну енергетичну ефективність виробництва та застосування рідкого моторного біопалива шляхом обчислення загального енергетичного коефіцієнта корисної дії різних його видів. Це дозволить шляхом порівняння з енергоефективністю традиційного моторного палива встановити доцільність, з енергетичної точки зору, створення в Україні промислових потужностей з отримання рідкого моторного біопалива.

Як відомо, загальний енергетичний коефіцієнт корисної дії будь-якого палива, в тому числі і біопалива, розраховується за наступною формулою:

$$\eta_{\text{заг}} = \eta_{\text{ев}} \cdot \eta_{\text{ез}}, \quad (3.1)$$

де $\eta_{\text{заг}}$ – загальний енергетичний коефіцієнт корисної дії палива;
 $\eta_{\text{ев}}$ – коефіцієнт енергетичної ефективності виробництва палива;
 $\eta_{\text{ез}}$ – коефіцієнт енергетичної ефективності застосування палива.

Обчислення загального енергетичного коефіцієнту корисної дії будь-якого палива дозволяє комплексно, від виробництва до застосування, оцінити його енергетичну ефективність, визначити доцільність створення нових промислових потужностей з виробництва рідкого палива за умови, що вони є прийнятними в екологічному та економічному аспектах.

Коефіцієнт енергетичної ефективності виробництва рідкого палива $\eta_{ев}$ характеризує кількість енергії, яка витрачена на його отримання і обчислюється за формулою:

$$\eta_{ев} = \frac{Q_n^p}{Q_n^{p,сир} + Q_{вит}}, \quad (3.2)$$

де Q_n^p – нижча теплота згоряння рідкого палива;

$Q_n^{p,сир}$ – теплота згоряння сировини з якої виготовлене рідке паливо;

$Q_{вит}$ – енергія, що витрачена на виробництво рідкого палива.

Числові значення величин Q_n^p , $Q_n^{p,сир}$ та $Q_{вит}$ наведені в таблиці 2.8.

Коефіцієнт енергетичної ефективності застосування у транспортних засобах рідкого моторного палива $\eta_{ез}$ характеризує енергію, яка необхідна для переборювання сил інерції та динамічного опору руху транспортного засобу, поділену на витрати енергії палива цим транспортним засобом за період його руху, і обчислюється за наступною формулою:

$$\eta_{ез} = \frac{0,55 E_m + 0,45 E_{ш}}{Q_{н,екс}^p (M_m + M_{ш})}, \quad (3.3)$$

де E_m та $E_{ш}$ – питома кількість енергії, що витрачається при пере-міщенні транспортного засобу в межах міста або по шосейним дорогам;

$Q_{н,екс}^p$ – теплота згоряння палива, яке використано в експериментах;

M_m та $M_{ш}$ – питомі витрати палива, що потрібні для забезпечення визначеної кількості енергії на переміщення транспортного засобу в межах міста або по шосейним дорогам, наведені в таблиці 3.9.

Таблиця 3.8

Енергетичні характеристики деяких видів рідкого палива

Біопаливо	Теплота згоряння Q_n^p , МДж/кг	Сировина	Теплота згоряння сировини $Q_n^{p, сир}$, МДж/кг	Енергія, що витрачена на виробництво палива $Q_{вит}$, МДж/кг	Коефіцієнт енергетичної ефективності виробництва палива $\eta_{ев}$	Коефіцієнт енергетичної ефективності застосування палива*, $\eta_{ез}$	Загальний енергетичний коефіцієнт корисної дії палива $\eta_{заг}$
Бензин	45	Нафта	34	21,6	0,81	0,123	0,099
Біоетанол	27	Зерно зернових культур	14,5	29	0,62	0,123	0,076
Біометанол	19,98	Деревинна маса	17,5	14	0,634	0,123	0,078
Газохол	41,9	Нафта 90%, зерно зернових культур 10%	32	22	0,776	0,123	0,095
Традиційне дизпаливо	41	Нафта	34	21	0,745	0,123	0,0917
Олія ріпакова	36,7	Насіння масляних культур	27	30	0,644	0,123	0,0792
Олія соняшника	39,7	Насіння масляних культур	27	30	0,696	0,123	0,0856
Олія соєва	39,4	Насіння масляних культур	27	30	0,691	0,123	0,085
Біодизель	37,5	Насіння масляних культур	27	35	0,605	0,123	0,0744

Таблиця 3.9

Питома кількість енергії, що витрачається при переміщенні транспортного засобу

Маса транспортного засобу, кг	Питома енергія, МДж		Питомі витрати палива з теплою згоряння 41 МДж/кг, кг	
	в умовах міста, E_m	шосейні дороги, $E_{ш}$	в умовах міста, M_m	шосейні дороги, $M_{ш}$
907	6,756	4,074	0,7	0,4
1134	7,643	4,864	0,81	0,46
1361	8,535	5,65	0,91	0,52
1588	9,431	6,441	1,01	0,58
1814	10321	7,232	1,13	0,64
2041	11,215	8,018	1,24	0,7
2268	12,107	8,808	1,33	0,74

Застосувавши в розрахунках поправочний коефіцієнт K , який дорівнює:

$$K = \frac{Q_{н,екс}^p}{Q_n^p} \quad (3.4)$$

Тоді залежність (2.2) для рідкого біопалива можна записати наступним чином:

$$\eta_{ез} = \frac{0,55 E_m + 0,45 E_{ш}}{Q_{н,екс}^p (M_m + M_{ш})} \cdot K \quad (3.5)$$

Аналіз формул (3.2) та (3.4) показує, що, за прийнятих умов, коефіцієнт енергетичної ефективності застосування палива є величиною, яка характеризує конкретний двигун. Зміна двигуна дещо змінить витрати палива, але майже не змінить коефіцієнт $\eta_{ез}$. При зміні маси двигуна у 2 рази коефіцієнт $\eta_{ез}$ змінюється в абсолютному значенні лише на 0,003%.

Порівняємо обчислені величини загального енергетичного коефіцієнту корисної дії різних видів біопалива, для цього складемо таблицю 3.10.

Таблиця 3.10

Загальні енергетичні коефіцієнти корисної дії органічного палива

Паливо	Загальний енергетичний коефіцієнт корисної дії органічного палива, %
Бензин	9,9
Біоетанол	7,6
Біометанол	7,8
Газохол	9,5
Традиційне дизпаливо	9,17
Олія ріпакова	8,84
Олія соняшника	7,77
Олія соєва	8,4
Біодизель	7,44

Аналізуючи дані табл. 3.10 можна стверджувати, що загальна енергетична ефективність виробництва та застосування рідкого біопалива знаходяться майже на одному рівні з загальною енергетичною ефективністю виробництва та

застосуванням традиційного палива. Тому, створення в Україні промислових потужностей з виробництва рідкого біопалива з енергетичної точки зору є доцільним, бо рідке біопаливо має таку ж енергоефективність, що й традиційне паливо.

3.5. Висновки до розділу 3

1. Розглянуто існуючі технології перетворення біомаси в рідке моторне біопаливо.

2. Запропоновано енергозберігаючу технологію виробництва біопалива.

3. Наведено метод оцінки енергетичної ефективності виробництва та використання біопалива, що базується на відомих залежностях для розрахунку загального енергетичного коефіцієнту ефективності виробництва та використання традиційного палива. Новизна методу полягає в застосуванні при проведенні розрахунків фізико-хімічних характеристик біосировини.

5. Доведено, що енергетична ефективність процесів виробництва біопалива складає 7,44 % ... 8,84 %, це тільки на декілька відсотків нижче енергетичної ефективності процесів виробництва та використання традиційного органічного палива (9,17 % ... 9,9 %), що пояснюється іншою теплотою згорання біопалива.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Охорона праці та техніка безпеки при використанні паливно-мастильних матеріалів

При критичних концентраціях пара нафтопродуктів у поєднанні з повітрям утворюються пожежонебезпечні суміші. Рідкі палива горять та вибухають при порівняно невисоких концентраціях пари у повітря. Для бензинів, газу і дизельного палива пожежонебезпечними є суміші, коли вміст у повітрі за об'ємом становить від 1,1 до 6%.

Пожежонебезпечність палива та мастильних матеріалів характеризується температурою спалаху. Залежно від температури спалаху, нафтопродукти поділяють на легкозайmistі (температура спалаху нижче 40°C) і горючі (температура спалаху вище 40°C). Бензин і гас належать до легкозайmistих рідин, дизельне паливо до горючих рідин.

Усі працівники перед зарахуванням на роботу, пов'язану з нафтопродуктами, проходять медичний огляд. Вони повинні вивчити і мати у своєму розпорядженні інструкції з технічної, особистої та пожежної безпеки. Багато робіт необхідно виконувати у спеціальному одязі і взутті. Необхідно мати захисні пристосування: рукавички, окуляри, маски, протигази та ін. У місцях, де можливе інтенсивне виділення пари нафтопродуктів, не можна знаходитися у взутті чи одязі зі сталевими підківками, набивками, пряжками, а також користуватися сталевим інструментом, щоб уникнути утворення іскри, яка може спричинити пожежу або вибух. Інструмент повинен бути виготовлений з кольорового металу або обміднений. Вантаж масою більше 200 кг переміщують тільки підйомно - транспортними засобами. Заповненні або порожні бочки піднімають і транспортують спеціальними підйомниками. При відсутності механізованих засобів бочку завантажують у ручний спосіб тільки перекачуванням. Перенесення бочок (скляної тари) на спині і перед собою

незалежно від їхньої маси забороняється. Категорично забороняється відкривати чи закривати пробки, ударяючи по них молотком чи іншим інструментом.

Перед початком будь-яких робіт необхідно переконатися у справності електроустаткування і освітлювальної мережі на робочому місці. Не можна працювати у закритих приміщеннях, де зберігаються нафтопродукти, при відсутності або несправності приточно-витяжної вентиляції.

Етилований бензин застосовують тільки як моторне паливо. Особливо обережно слід поводитися з етилованим бензином при його прийомі і видачі, не допускаючи розливань, підтікань і переповнення баків.

Працювати з етилованим бензином рекомендується у спецодязі та інших засобах індивідуального захисту, у тому числі прогумованих фартухах, гумових рукавичках, змінному взутті, нарукавниках і протигазах марки А (коричнева коробка).

Якщо етилований бензин потрапив на шкіру чи одяг, його видаляють ватою, змоченою у газі, потім ретельно промивають шкіру гарячою водою з милом, а одяг провітрюють на відкритому повітрі. На ємкостях, де зберігається бензин (автоцистерни, бочки, каністри, заправні апарати), фарбою повинні бути зроблені написи: «Етилований бензин. Отрута». Забороняється засмоктувати бензин і дизельне паливо ротом з метою створення сифона для їхнього переливання, тому що вони можуть потрапити у шлунок і викликати отруєння, а їхня пара – опіки легень.

Місця, забруднені етилованим бензином знешкоджують хлораміном (3% водний розчин) або хлорним вапном у вигляді кашки, яку готують перед

4.2 Фактори, що впливають на протипожежну стійкість об'єкту

Важливим питанням забезпечення стійкості роботи під час надзвичайних ситуацій є стійкість до світлового випромінювання. Внаслідок дії енергії світлового імпульсу на підприємстві може виникнути складна пожежна

обстановка, оскільки на зберіганні знаходиться значна кількість горючих речовин і обладнання.

Світлове випромінювання ядерного вибуху є електромагнітним випромінюванням в ультрафіолетовій, видимій і інфрачервоній областях спектру.

Джерелом світлового випромінювання є область що світиться (вогняна куля), що складається з розжарених продуктів вибуху і повітря. З цієї області випромінюється величезна кількість променистої енергії в надзвичайно короткий проміжок часу, унаслідок чого відбувається швидкий нагрів опромінюваних предметів, обвуглювання або запалювання горючих матеріалів і опік живих тканин.

На частку світлового випромінювання припадає 30...40 % всієї енергії атомного або термоядерного вибуху. На відкритій місцевості світлове випромінювання має великий радіус дії в порівнянні з ударною хвилею.

Основним параметром, що характеризує вражаючу дію світлового випромінювання, є світловий імпульс $I_{\text{св}}$. Світловий імпульс – це кількість світлової енергії, випадаючої на 1 м^2 освітлюваної поверхні, що перпендикулярна до напрямку розповсюдження випромінювання, за весь час дії вибуху (вогняної кулі).

В системі СІ світловий імпульс вимірюється в джоулях на квадратний метр $\text{Дж}/\text{м}^2$. Тривалість світлового імпульсу $t, \text{ с}$, залежить від потужності боєприпасу і визначається за формулою:

$$t_c = \sqrt[3]{q} \quad (4.1)$$

де q – потужність боєприпасу, кт.

Світловий імпульс в даній точці пропорційний потужності ядерного вибуху і обернено пропорційний квадрату відстані до центру вибуху. На світловий імпульс також впливають вид ядерного вибуху, стан (прозорість) атмосфери і інші чинники.

При наземних вибухах світловий імпульс на поверхні землі при тих же відстанях буде приблизно на 40 % меншим ніж при повітряних вибухах такої ж потужності. Пояснюється це тим, що в горизонтальному напрямі випромінюється не вся поверхня сфери вогняної кулі, а лише половина сфери, хоча і більшого радіусу.

Якщо земна поверхня добре відбиває світло (сніговий покрив, асфальт, бетон і ін.), то сумарний світловий імпульс (прямий і відбитий) при повітряному вибуху може бути більше прямого в 1,5...2 рази.

В атмосфері завжди відбувається ослаблення променистої енергії через розсіювання і поглинання світла частинками пилу, диму, краплями вологи (туман, дощ, сніг). Ступінь прозорості атмосфери прийнято оцінювати коефіцієнтом K , що характеризує ступінь ослаблення світлового потоку. Вважається, що в великих промислових містах ступінь прозорості атмосфери можна характеризувати видимістю в 10...20 км; в приміських районах - 30...40 км, а в районах сільської місцевості, де ступінь забруднення повітря найменший, видимість досягає 60...80 км.

Світлове випромінювання, падаючи на об'єкт, частково поглинається, частково відбивається, а якщо об'єкт пропускає випромінювання, то частково проходить крізь нього. Скло, наприклад, пропускає більше 90 % енергії світлового випромінювання.

Нижні межі світлових імпульсів, що викликають опіки, відносяться до вибухів малої потужності, верхні – великої потужності, оскільки при більш потужному вибуху світлова енергія імпульсу виділяється протягом відносно більшого періоду часу, тобто повільніше, ніж при вибуху меншої потужності. Протягом більшого часу дії світлового випромінювання частина поглиненої світлової енергії встигає проникнути в більш глибокі тканини тіла людини. В той же час, при короткому світловому імпульсі, світлова енергія поглинається тільки верхніми шарами її шкіряного покриву.

Уражаюча дія світлового випромінювання визначається поглиненою частиною енергії світлового імпульсу, яка, перетворюючись на теплову, нагріває

опромінюваний об'єкт. Світлове випромінювання, впливаючи на незахищених людей, викликає опіки відкритих ділянок тіла і вражає очі. Залежно від світлового імпульсу опіки поділяються на чотири ступені див. таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 - Характеристика опіків відкритих ділянок тіла людини

Степінь опіку	Світловий імпульс кДж/м ²	Характер ураження	Наслідки опіку для уражених
Перша	100...200	Почервоніння і припухлість шкіри, що супроводжується деякою хворобливістю	Не втрачають працездатності і не потребують спеціального лікування. Опіки заживають порівняно швидко
Друга	200...400	Утворення на шкірі пухирців, наповнених рідиною	Як правило, втрачають працездатність і потребують лікування
Третя	400...600	Повне руйнування шкіряного покриву по всій його товщині, утворення язв	Потребують тривалого лікування. Якщо не застосовувати пересадку шкіри, на місці ураження утворюються шрами
Четверта	Більше 600	Омертвіння підшкірної клітковини, м'язів і кісток, обвуглення	Потребують тривалого лікування. Можливий смертельний результат

Небезпека опіків для життя залежить не тільки від ступеня опіку, але і від розміру ураженої площі тіла. Тому опік першого ступеня по всьому тілу може виявитися більш небезпечним, ніж третього ступеня на невеликій ділянці.

В результаті дії світлового випромінювання на матеріали може відбутися їх розтріскування, плавлення, обвуглювання або запалювання.

Ступінь ураження будь-якого матеріалу під дією світлового випромінювання при одному і тому ж світловому імпульсі залежить від коефіцієнта поглинання, фізичних властивостей (густини, теплоємності, теплопровідності), товщини матеріалу і інших чинників. Матеріали темного кольору більше поглинають світлове випромінювання, ніж світлі, а тому ушкоджуються швидше. Предмети, забарвлені чорною фарбою, поглинають близько 96 % світлового випромінювання, а білою -18 %.

Чим більша потужність ядерного вибуху, тим більший світловий імпульс потрібен для запалювання одного і того ж матеріалу. Це пояснюється тим, що при великій потужності вибуху опромінювання світлом матеріалу триває довше. За цей час частина тепла втрачається за рахунок проникнення з поверхні в глибину матеріалу в результаті його теплопровідності.

Дія світлового випромінювання ядерного вибуху на будівлі і споруди об'єктів народного господарства виявляється у виникненні загорянь і пожеж, що викликають руйнування і знищення матеріальних цінностей, у ряді випадків перевершуючі по масштабах руйнування від ударної хвилі.

За оцінкою фахівців пожежної служби мінімальним розрахунковим світловим імпульсом, що викликає загоряння і пожежі, може бути імпульс в 100... 150 кДж/м², при якому відбувається запалювання горючих матеріалів (сіна, соломи, стружки, обривків газетного паперу, сухого сміття і інших легкозаймистих речовин). Тому скупчення займистого сміття поблизу будівель – реальна загроза виникнення пожежі.

На виникнення і розповсюдження пожеж впливають, головним чином, такі чинники: вогнестійкість будівель і споруд; пожежна небезпека виробництва; густина забудови; метеорологічні умови і ін.

Вогнестійкість будівель і споруд визначається займистістю їх елементів і межами вогнестійкості основних конструкцій (частин) будівель і споруд.

Займистість того або іншого елемента будівлі визначається займистістю будівельних матеріалів, з яких він виконаний. Всі будівельні матеріали по займистості діляться на три групи: не згораючі, важкоспалимі, згораючі.

Межа вогнестійкості будівельної конструкції – це період часу в годинах від початку дії вогню на конструкцію до утворення в ній наскрізних тріщин або до досягнення температури 200 °С на поверхні, протилежній дії вогню, або до втрати конструкцією несучої здатності (обвалення).

ВИСНОВКИ

1. В результаті дослідження ресурсної бази, технологій отримання рідкого моторного біопалива та загальної енергетичної ефективності виробництва і застосування рідкого моторного біопалива доведено, що Україна має значний енергетичний потенціал рідкого моторного біопалива, який становить 3,76 млн. т .у. п/рік, що дорівнює 1,8% загального споживання усіх видів палива та 28% споживання традиційного рідкого моторного палива.

2. Встановлено, що:

- що енергетична ефективність процесів виробництва біопалива складає 7,44 % ... 8,84 %, це тільки на декілька відсотків нижче енергетичної ефективності процесів виробництва та використання традиційного органічного палива 9,17 % ... 9,9 %, що пояснюється іншою теплотою згоряння біопалива;

- економічна ефективність впровадження в Україні установок з виробництва рідкого моторного біопалива є позитивною при роздрібних цінах на біопаливо понад 22,83 грн/л. При цьому термін окупності установок становить 2...4 роки;

3. Доведено, що біодизель та біоетанол у вигляді палива відповідають вимогам експлуатаційної якості палива тільки для тихохідних двигунів та можуть використовуватись в цих двигунах без зміни їх конструкцій або застосування присадок. Суміші традиційного палива з біопаливом із вмістом від 10% до 70% також відповідають вимогам експлуатаційної якості для тихохідних двигунів та можуть використовуватись в цих двигунах без зміни їх конструкцій або застосування присадок.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Технический словарь по топливу и маслам / К. К. Папок, Н. А. Рагозин. – М.: Гостоптехиздат, 1955. – 386 с.
2. Забарний Г. М. Термодинамічна ефективність та ресурси рідкого біопалива України / Г. М. Забарний, С. О. Кудря, Г. Г. Кондратюк (Г. Г. Дідківська), Г. О. Четверик. – К.: ІВЕ НАН України, 2006. – 226 с.
3. Осауленко О. Г. Статистичний щорічник України за 2009 р. / Осауленко О. Г. – К.: ДП «Інформаційно-аналітичне агенство», 2010. – 566 с.
4. Dittrick P Outlook for advanced biofuels / P. Dittrick //Ibid. – 2008. – № 8. – P. 20 – 24.
5. Соуфер С. Биомасса как источник энергии / С. Соуфер – М.: издат. Мир, 1985. – 375 с.
6. Дубровін В. О. Біопаливо. Технології, машини і обладнання / В. О. Дубровін, М. О. Корчемний, І. П. Масло. – К.: ЦТУ Енергетика і електрифікація, 2004. – 256 с.
7. Бойлс Д. Биоэнергия: технология, термодинамика, издержки / Д. Бойлс. – М.: Агропромиздат, 1987. – 152 с.
8. Тютюнников Б. Н. Химия жиров / Тютюнников Б. Н. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 483 с.
9. Альтернативні палива та інші нетрадиційні джерела енергії / Адаменко О., В. Височанський, В. Лютко, М. Михайлів. – Івано-Франківськ: ІМЕ, 2000. – 254 с.
10. Крайнюк А. И. Применение растительного масла в дизелях в качестве добавки к топливу / А. И. Крайнюк, И. П. Васильев, А. Е. Петренко, Ю. А. Корчанова // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2001. – № 6. – С. 16 – 20.
11. Лютко В. Застосування альтернативних палив у дизельних двигунах / В. Лютко. – Івано-Франківськ: ІМЕ, 2000. – 238 с.
12. Чертков Я. Б. Перспективные автомобильные топлива / Чертков Я.

Б. – М.: Транспорт, 1982. – 311 с.

13. Смаль Ф. В. Перспективные топлива для автомобилей / Смаль Ф. В., Арсенов Е. Е. – М.: Транспорт, 1979. – 270 с.

14. Рахметов Д. Б. Інтродукція рослин та біоконверсія землеробства Полісся / Д. Б. Рахметов, В. П. Фещенко. – К.: Друк, 2006. – 149 с.

15. Новітні технології біоконверсії / [Я. Б. Блюм, Г. Г. Гелетуша, І. П. Григорюк та ін.]. – К.: Аграр Медіа Груп, 2010. – 324 с.

16. Мельничук М. Виробництва і використання твердих і рідких біопалив в умовах агропромислового виробництва / М. Мельничук, В. Дубровін, В. Мироненко // Науковий вісник НАУ. – 2008. – № 125. – С. 247 – 250.

17. Кириленко І. Г. Виробництво альтернативного палива як відповідь на сучасні виклики глобалізації / І. Г. Кириленко / Економіка АПК. – 2006. – № 11. – С. 9 – 12.

18. Арутюнов В. С. Биотопливо: pro et contra / В. С. Арутюнов // Российский химический журнал. – 2007. – № 6. – С. 94 – 99.

19. Г. Г. Кондратюк (Г. Г. Дідківська) Сировинна база для виробництва в Україні рідкого біопалива, що використовується для двигунів внутрішнього згоряння / Г. Г. Кондратюк (Г. Г. Дідківська), Є. Г. Новицька, Н. М. Козлова, З. В. Маслокова // Відновлювана енергетика. – 2009. – № 4. – С. 80 – 89.

20. Желєзна Т. А. Стан розвитку та перспективи виробництва і застосування рідких палив з біомаси / Т. А. Желєзна // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2004. – Ч. 1, № 2. – С. 3 – 11.

21. Желєзна Т. А. Стан розвитку та перспективи виробництва і застосування рідких палив з біомаси / Т. А. Желєзна // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2004. – № 3. – С. 3 – 9.

22. Ayhan Demirbas. Importance of biodiesel as transportation fuel / Demirbas Ayhan // Energy policy. – 2007. – № 9. – С. 4661 – 4670.

23. Marilyn Radler. Ethanol and oil markets / Radler Marilyn // Oil and gas. J. – 2006. – № 13. – С. 17 – 18.

24. Hamelin K, Carlo N Outlook for advanced biofuels / Hamelin K, Carlo N, Faaij Andre P. // Energy Policy. – 2006. – № 17. – С. 3268 – 3283.
25. Heitzer Armin. Alternative treibstoffe / Armin Heitzer // Gas – Wasser – Abwasser. – 2007. – № 4. – С. 287 – 296.
26. Минстер А. Применение спирта в качестве моторного топлива // Труды научного автотракторного института – Москва: Гострансиздат, 1931 – вып. 12 – С. 1 - 76.
27. Денбиг К. Г. Теория химических реакторов / Денбиг К. Г. – М.: Наука, 1968. – 191 с.
28. Вэйлас С. Химическая кинетика и расчеты промышленных реакторов / С. Вэйлас. – М.: Химия, 1967. – 414 с.
29. Безденежных А. А. Математические модели химических реакторов / Безденежных А. А. – К.: Техника, 1970. – 175 с.
30. Кафаров В. В. Моделирование биохимических реакторов / Кафаров В. В., Винаров А. Ю., Гордеев Л. С. – М.: Лесная промышленность, 1979. – 247 с.
31. Четверик Г. О. Математична модель метанового анаеробного зброджування органічних речовин при періодичному типі культивування мікроорганізмів / Г. О. Четверик // Відновлювана енергетика. – 2008. – № 1. – С.62 – 75.
32. Семенов В. Г. Анализ показателей работы дизелів на нефтяных а льтернативных допливах растительного происхождения / В. Г. Семенов // Вестн. Нац. техн. ун-та «ХПИ». – 2002. - № 3. – С. 177 – 197.
33. Девянин С. Н. Растительные масла и топлива на их основе для дизельных дизелей / Девянин С. Н., Марков В. А., Семенов В. Г. – Харьков: Новое слово, 2007. – 452 с.
34. Семенов В. Г. Оптимизация состава бинарного альтернативного дизельного потлива / В. Г. Семенов // Химия и технология топлив и масел. – 2003. – № 4. – С. 29 – 32.

35. Г. Г. Кондратюк (Г. Г. Дідківська) Ефективність використання та виробництва біодизельного пального технологічної лінії продуктивністю 450 т/рік / Г. Г. Кондратюк (Г. Г. Дідківська) // Відновлювана енергетика. – 2005. – № 1. – С. 86 – 90.

36. Г. Г. Кондратюк (Г. Г. Дідківська) Аналіз економічної ефективності використання відновлюваних джерел енергії при створенні теплогенеруючих установок потужністю до 1 МВт / Г. Г. Кондратюк (Г. Г. Дідківська) // Відновлювана енергетика. – 2005. – № 2. – С. 94 – 99.

37. Забарний Г. М. Економічні питання виробництва в Республіці Македонія біодизпалива на основі насіння ріпаку / [Г. М. Забарний, С. О. Кудря, J. Nappov та ін.]. – К.: ІВЕ НАН України, 2006. – 195 с.

38. Г. Г. Кондратюк (Г. Г. Дідківська) Технології виробництва рідкого біопалива та його енергетична ефективність / Г. Г. Кондратюк (Г. Г. Дідківська) // Відновлювана енергетика. – 2005. – № 3 – 4. – С. 90 – 96.

39. Терентьев Г. А. Моторные топлива из альтернативных сырьевых ресурсов / Терентьев Г. А., Тюков В. М., Смаль Ф. В. – М.: Химия, 1989. – 271 с.

40. Гавриш В. І. Формування цін на пальне рослинного походження / В. І. Гавриш // Економік АПК. – 2006. – № 12. – С. 93 – 99.

41. Белостоцкая В. А. Экономико-математическая запись технологий производства биотоплива / В. А. Белостоцкая // Энерготехнологии и ресурсосбережение. – 2008. – № 6. – С. 8 – 12.

42. Шкаликова В. П. Применение нетрадиционных топлив в дизелях / В. П. Шкаликова, Н. Н. Патрахальцев. – М.: Унив. Дружбы народов, 1986. – 55 с.

43. Калетник Г. М. Розвиток ринку біопалив в Україні / Калетник Г. М. – К.: Аграрна наука, 2008. – 461 с.

44. Будько М. О. Аналіз сучасних технологій виробництва дизельного біопалива / М. О. Будько // Відновлювана енергетика. – 2008. – № 4. – С. 80 – 87.

45. Кононюк В. А. Довідник агронома / В. А. Кононюк, О. К. Медведовський. – К.: вид-во Урожай, 1985. – 671 с.

46. Борисопник З.Б. Довідник по олійним культурам / З. Б. Борисопник, В. Г. Михайлов – К.: вид-во Урожай, 1988. – 182 с.
47. Шувар І. А. Наукові основи сівозмін інтенсивно-екологічного землеробства / Шувар І. А. – Львів: Каменяр, – 1998. – 221 с.
48. Сільське господарство України. Статистичний збірник – К.: Державний комітет статистики, 2008. – 391 с.
49. Итинская Н. И. Топливо, масла и технические жидкости: справочник / Н. И. Итинская, Н. А. Кузнецов. – М.: Агропромиздат, 1989. – 302 с.
50. Кудря С. О. Деякі аспекти визначення коефіцієнтів переводу теплотворної здатності паливно-енергетичних ресурсів з натуральних одиниць в умовні / С. О. Кудря, А. Р. Щокін // Відновлювана енергетика. – 2006. – № 2. – С. 15 – 23.
51. Померанцев В. В. Основы практической теории горения / В. В. Померанцев. – Л.: Энергоатомиздат, 1986. – 308 с.
52. Морозов Г. А. Применение топлив и масел в дизелях / Морозов Г. А. – Л.: Недра, 1964. – 329 с.
53. Грабова Т. Л. Альтернативне відновлюване джерело енергії – біодизельне паливо з ріпака / Т. Л. Грабова // Ринок інсталяцій. – 2001. – № 10. – С. 30 – 31.
54. Грабов Л. М. Сучасні технології і комплект устаткування для отримання біодизельного палива з ріпака / Л. М. Грабов, В. І. Мерщій, Т. Л. Грабова // Пропозиція. – 2002. – № 1. – С. 86 – 87.
55. Ітинська Н. І. Паливо і мастильні матеріали / Ітинська Н. І. – К.: Держсільгоспвидав, 1958. – 291 с.
56. Гаврилова В. А. Перспективы и реальность использования масел растительного происхождения в качестве биотоплива / В. А. Гаврилова, А. Г. Дубовская, Н. Г. Конькова, Г. К. Низова // Масложировая промышленность. – 2005. – № 4. – с. 15 – 17.
57. Віршовка М. І. Фізико-хімічні властивості альтернативного пального на основі рослинних олій / М. І. Віршовка // Механізація та електрифікація

сільського господарства. – Глеваха. – 2002. – Вип. 86. – С. 290 – 294.

58. Кирилов Н. Г. Альтернативные моторные топлива XXI века / Н. Г. Кирилов // Автозаправочный комплекс + альтернативное топливо. – 2003. – № 3. – С. 58 – 63.

59. Уббелоде - Геллер. Химия и технология жиров / Уббелоде - Геллер – М.: Легкая промышленность, 1933. – 372 с.

60. Беззубов Л. П. Химия жиров / Беззубов Л. П. – М.: Пищевая промышленность, 1975. – 279 с.

61. Зиновьев А. А. Химия жиров / Зиновьев А. А. – М.: Пищепромиздат, 1952. – 549 с.

62. Семенов В. Г. Біодизельне паливо: стан і перспективи розвитку / В. Г. Семенов // Автошляховик України. – 2007. – № 2. – С. 13 – 16.

63. Нефтепродукты. Свойства, качество, применение. Справочник / [под. ред. Б. В. Лосикова]. – М.: Химия, 1966. – 776 с.

64. Васильев И. П. Результаты испытаний в дизельном двигателе смесей топлив растительного происхождения / И. П. Васильев // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2007. – № 2. – С. 3 – 11.

65. Захарчук В. І. Застосування альтернативних палив в автотракторних дизелях / В. І. Захарчук // Энергосбережение. – 2010. – № 2. – С. 26.

66. Бойченко С. В. Моторные топлива и масла для современной техники / Бойченко С. В., Иванов С. В., Бурлака В. Г. – К.: Издательство Национального авиационного университета, 2005. – 215 с.

67. Шкаликова В. П. Применение нетрадиционных топлив в дизелях / В. П. Шкаликова, Н. Н. Патрахальцев. – М.: Издательство Университета дружбы народов, 1986. – 55 с.

68. Олія соняшникова: ДСТУ ISO 4492:2005. – [Чинний від 2006-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 9 с. – (Національний стандарт України).

69. Олія соєва: ДСТУ ISO 4534:2006. – [Чинний від 2007-01-01]. – / К.: Держспоживстандарт України, 2007. – 17 с. – (Національний стандарт України).

70. Масло рапсовое: ГОСТ 8988-77. – [Дата введения 1992-07-01]. – / М.: Госкомстандарт СССР, 1992. – 14 с. – (Государственный комитет СССР по стандартам).

71. Ефіри метилові жирних кислот олій і жирів для дизельних двигунів: ДСТУ 6081:2009. – [Чинний від 2009-01-01]. – / К.: Держспоживстандарт України, 2009. – 10 с. – (Національний стандарт України).

72. Семенов В. Г. Перспективные альтернативные биотоплива на основе рапсового масла / В. Г. Семенов // Авиационно-космическая техника и технология. Харьков. – 2000. – Вып. 19. – С. 154.

73. Чичибабин А. Е. Основные начала органической химии. Т. 1 / А. Е. Чичибабин. – М.: Государственное научно-техническое издательство химической литературы, 1963. – 910 с.

74. Исаев С. И. Курс химической термодинамики / Исаев С. И. – М.: Машиностроение, 1975. – 255 с.

75. Якобсон И. Г. Переработка жиров и масел / Якобсон И. Г. – М.: Кооперативное издательство. 1934. – 104 с.

76. Локтев С. М. Высшие жирные спирты / Локтев С. М. – М.: Наука, 1964. – 165 с.

77. Левеншпиль О. Инженерное оформление химических процессов / О. Левеншпиль. – М.: Химия, 1969. – 621 с.

78. Киреев В. А. Методы практических расчётов в термодинамике химических реакций / Киреев В. А. – М.: Химия, 1975. – 535 с.

79. Васильев И. П. Влияние топлив растительного происхождения на экологические и экономические показатели дизеля / Васильев И. П. – Луганск: Издательство ВНУ им. Даля, 2009. – 240 с.

80. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / Касаткин А.Г. – М.: Химия, 1961. – 514 с.