

Резюме

Розглянуто можливості заміни традиційних видів палива на водень. Порівнюються в економічному і технічному аспектах різні способи отримання водню. Наведено приклади його використання провідними автомобільними фірмами світу в якості пального для двигунів внутрішнього згорання.

Summary

The possibilities of replacement of traditional fuel types by hydrogen are reviewed. Different methods of hydrogen generation are compared in economical and technical aspects. The examples of hydrogen application by world leading automobile companies as fuel for internal-combustion engines are given.

В. СЕМЕНОВ

БІОДИЗЕЛЬНЕ ПАЛИВО ДЛЯ УКРАЇНИ

Україна належить до енергодефіцитних країн, оскільки забезпечена власними паливно-енергетичними ресурсами лише на 53% (імпортує 75% необхідного обсягу природного газу та 85% – сирової нафти і нафтопродуктів) [1]. Залежність від імпорту нафти більшість розвинених країн розглядають як проблему національної й енергетичної безпеки [2]. Окрім того, широке використання нафтопродуктів як джерел енергії становить значну небезпеку для навколишнього природного середовища.

Залежність від імпорту нафти, ціна на яку невблаганно підвищується, а також значне погіршення екологічного стану довкілля стимулюють інтенсивний пошук альтернативних джерел енергії. Ситуацію з енергоносіями, що склалася сьогодні в Україні, можна порівняти з тією, в якій опинилася світова спільнота в 1973–1974 роках. Сьогодні для України настав час розвивати власні потужності для виробництва біодизельного палива з поновлюваних сировинних ресурсів [3, 4, 5]. Одним із основних

видів такого палива може бути біодизельне пальне.

Біодизельне паливо (БДП) (біодизель, МЕРО, РМЕ, RME, FAME, EMAG, біо-нафта та ін.) – це екологічно чистий вид палива, який одержують із жирів рослинного і тваринного походження та використовують для заміни нафтового дизельного палива (ДП). З погляду хімії біодизельне паливо є сумішшю метилових (етилових) ефірів насичених і ненасичених жирних кислот. У процесі реакції переетерифікації олії жири взаємодіють з метиловим (етиловим) спиртом за наявності каталізатора (лугу), внаслідок чого утворюються складні ефіри, а також гліцеролова фаза: 56% – гліцерину, 4% – метанолу, 13% – жирних кислот, 8% – води, 9% – неорганічних солей, 10% – ефірів. У роботі [6] наведено такі матеріально-енергетичні затрати для одержання 1000 кг (1136 л) біодизельного палива: 50 кВт теплової енергії і 25 кВт електроенергії, 1040 кг (1143 л) ріпакової олії, 144 кг (182 л) 99,8% метанолу, 19 кг гідрооксиду

калію (88% КОН), 6 кг допоміжного фільтруючого матеріалу, 105 кг води. При цьому, крім палива, отримують приблизно 200 кг сирого гліцерину і 117 кг води. Після очищення біодизельне паливо може використовуватися у будь-яких дизельних двигунах (вихорокамерних і передкамерних, а також із безпосереднім упорскуванням) як самостійно (в адаптованих двигунах), так і в суміші з дизельним паливом, без змін у конструкції двигуна.

Які ж складові сировинної бази для виробництва біодизельного палива в Україні? Це олії, одержувані з насіння олієвісних рослин, «мультисировина» м'ясокомбінатів (жири тварин), фритюрний жир тощо. Враховуючи досвід європейських держав, виробництво вітчизняного біодизельного палива можна організувати на дрібнотоннажних установках 300–3000 т/рік (для фермерів), регіональних (обласних) заводах 10000–30000 т/рік, промислових заводах державного значення – 50000–100000 т/рік.

За «Програмою розвитку виробництва біодизельного палива на період до 2010 року» Україна має виробляти і споживати в 2010 р. понад 520 тис. тонн БДП, що потребуватиме майже 1,7–1,8 млн тонн валового збору насіння ріпаку. За його врожайності в середньому 20 ц/га необхідно засіяти цією культурою 0,85–0,9 млн га ріллі – приблизно 3% (33,8 млн га) орних земель країни. Заміна частини дизельного палива (1870 тис. т/рік), що нині споживає агропромисловий комплекс (АПК) України, на біодизельне забезпечить сільськогосподарську техніку бінарним паливом раціонального складу: 30% біодизельного + 70% дизельного.

Вимоги до вихідного насіння ріпаку і ріпакової олії, дотримання яких дасть змогу виробляти біодизельне паливо, що відповідає європейському стандарту EN 14214:2003, такі: очищене насіння ріпаку – маслянистість 40–44%; вологість близько 6–7%; вміст ffa (вільних жирних кислот) < 3%

(6 мг КОН/г); температура насіння 20–30 °С; забруднення ~ 0,5%. Холоднопресована, фільтрована ріпакова олія має такі характеристики: йодне число – 110–115; вологість – максимум 0,05%; вміст ffa – максимум 0,65% (1,3 мг КОН/г); пероксидне число – 1–2 (max 3); забруднень не виявлено; число омилення – 187–191; фосфатиди як фосфор максимум 20 мг/кг; температура – мінус 20 °С. Зразок ріпакової олії, що надходить в установку для отримання біодизельного палива (жирнокислотний склад): С14:0 – 0,1%; С16:0 – 5,0%; С16:1 – 0,7%; С17:0 – 0,1%; С17:1 – 0,2%; С18:0 – 1,8%; С18:1 – 57,9%; С18:2 – 21,0%; С18:3 – 10,3%; С20:0 – 0,6%; С20:1 – 1,4%; С22:0 – 0,3%; С22:1 – 0,6%.

У яких областях України кращі умови для вирощування ріпаку [1]? Щодо озимого, то це Львівська, Івано-Франківська, Тернопільська, Хмельницька, Вінницька, Київська, Рівненська і Волинська області. А стосовно ярого ріпаку – Кіровоградська, Київська, Черкаська, Одеська, Херсонська, Полтавська, Чернігівська, Сумська, Харківська області й Крим.

У країнах Євросоюзу виробництво біодизельного палива забезпечене істотною державною підтримкою. У Німеччині біопаливо не обкладається мінеральними й екологічними податками. Більше того, існує система дотування вирощування ріпаку, у Франції податкова знижка становить 0,35 євро на літр біодизелю; в Іспанії автомобілістам, котрі використовують біопаливо, дозволено безоплатне внутрішньоміське паркування. Загалом у Європі 1 л БДП на 0,10–0,15 євро дешевший, аніж дизельного. В Україні, за різними даними, собівартість 1 л біодизельного палива коливається від 2,2 до 3 грн. Вартість його залежить від низки чинників [1]: врожайності ріпаку, ефективності використання соломи і шроту, вартості хімічних інгредієнтів (метанолу і лугу), глибини переробки гліцеринової води, якості технологічного процесу одержання біодизелю.

За відповідного державного регулювання в Україні можна розгорнути ефективне виробництво БДП. Розглянемо його фізико-хімічні показники й еколого-експлуатаційні характеристики дизелів за умови їх роботи на біопаливі. У деяких зарубіжних публікаціях [9] міститься інформація про те, що порівняльні випробування дизелів, які працюють на дизельному і біодизельному паливі, не виявили жодних істотних відмінностей у поведженні двигуна в разі заміни виду палива. Це можна пояснити високою якістю випробовуваного біопалива, що забезпечується жорсткими вимогами до його хімотологічних показників, закладених у національних стандартах на біодизельне паливо. Тому, як зазначалося вище, для успішного просування біодизелю в АПК України необхідно розробити й ухвалити державні стандарти на біодизель і його бінарні суміші з ДП. Перші кроки в цьому напрямі зроблені в Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» [10].

У таблиці наведені європейський стандарт EN 14214:2003 на біодизель і ДСТУ 3868-99 — на дизельне паливо. 12 показників EN 14214:2003 можна (на першому етапі розроблення державної нормативної документації на БДП) визначати методами випробувань, наведеними в ДСТУ 3868-99. Для визначення інших показників використовують стандарти EN і ISO, апаратне забезпечення і методологічний зміст яких слід адаптувати до приладів і методик, що застосовуються у науково-дослідних установах України.

Розглянемо вплив деяких фізико-хімічних показників біодизельного палива, зумовлених стандартом EN 14214:2003, на параметри дизеля і його еколого-експлуатаційні характеристики. Підвищення, порівняно з дизельним паливом густини на 10% і кінематичної в'язкості в 1,5 рази сприяє певному (на 14%) зростанню далекобійності паливного факела і діаметра краплі розпиле-

ного палива, що може спричинити збільшене потрапляння біодизельного палива на стінки камери згоряння і гільзи циліндра. Менші значення коефіцієнта стисливості повітряно-біодизельної суміші приведуть до збільшення справжнього кута випередження впорскування палива і максимального тиску у форсунці. Високе цетанове число біодизельного палива (51 і більше) скорочує період затримки запалення і зменшує «жорсткість» роботи дизеля. Підвищена майже втричі температура спалаху БДП у закритому тиглі (120 °C і більше) забезпечує високу пожежонебезпечність. Кисень (~10%) у молекулі метилового ефіру діє за такими напрямками. Наявність окислювача безпосередньо в молекулі палива інтенсифікує процес згоряння і забезпечує більш високу температуру в циліндрі дизеля, що, з одного боку, сприяє підвищенню індикаторного й ефективного ККД двигуна, а з другого — збільшенню оксиду азоту (NO_x) у відпрацьованих газах. Менша частка вуглецю (~77%) у молекулі БДП спричинює на 13–15% нижчу теплоту його згоряння і збільшує часову і питому ефективну витрату палива. Для збереження номінальних параметрів двигуна у разі переведення на БДП потрібне перерегулювання паливної апаратури (упор рейки паливної помпи високого тиску встановлюють на збільшення циклової подачі палива).

Застосування біодизельного палива знижує викиди шкідливих речовин із відпрацьованими газами. Для дизельних двигунів із вихровою камерою (передкамерою) і безпосереднім упорскуванням таке зниження становить: СО — 12 (10)%, CnHm — 35 (10)%, РМ (тверді частинки) — 36 (24)%, сажа — 50 (52)%. Певне збільшення викидів NO_x можна компенсувати низкою заходів: зменшенням справжнього кута випередження впорскування палива, рециркуляцією відпрацьованих газів, подачею води на впуску.

Фізико-хімічні показники біодизельного і дизельного палив

Показники	Європейський стандарт на біодизель EN 14214:2003			Стандарт України на паливо дизельне ДСТУ 3868-99		
	Розмірність	межі		Розмірність	Значення для марок	
		min	max		Л	З
Вміст ефірів	% (м/м)	96,5			—	—
Густина за температури 15°C	кг/м ³	860	900	за температури 20°C, кг/м ³	860	840
Кінематична в'язкість при температурі 40°C	мм ² /с	3,50	5,0	за температури 20°C, мм ² /с	3,0 – 6,0	1,8–6,0
Температура спалаху	°C	120	—	°C	40 – 62	35–40
Вміст сірки	мг/кг	—	10,0	%	0,05–0,20	0,05–0,20
Коксівність 10% залишку	% (м/м)	—	0,30	%	0,30	0,30
Цетанове число		51,0			45	45
Зольність	% (м/м)	—	0,02	%	0,01	0,01
Вміст води	мг/кг	—	500		—	—
Механічні домішки	мг/кг	—	24		—	—
Випробування на мідній пластинці (3 год. за 50°C)	оцінка	клас 1			витримує	витримує
Окисна стабільність, 110°C	годин	6,0	—		—	—
Кислотне число	мг КОН/г		0,50	мг КОН на 100 см ³ палива, не більше	5	5
Йодне число	г J ₂ / 100 г		120	г йоду на 100 г палива, не більше	6	6
Метилінові ефіри ліноленової кислоти	% (м/м)	12,0			—	—
Полі ненасичені (>=4 подвійні зв'язки)						
метилінові ефіри	% (м/м)	1		Показники, розмірність	—	—
Вміст метанолу	% (м/м)	0,20		Фракційний склад:		
Вміст моногліцеридів	% (м/м)	0,80		50 % переганяється за температури, °C, не вище	280	280
Вміст дигліцеридів	% (м/м)	0,20		96 % переганяється за температури, °C, не вище	370	370
Вміст тригліцеридів	% (м/м)	0,20		Температура застигання, °C, не вище	–10	–25
Вільний гліцерин	% (м/м)	0,02		Коефіцієнт фільтрованості, не більше	3	3
Спільний гліцерин	% (м/м)	0,25		Гранична температура фільтрованості, °C, не вище	–5	–15
1-а група металів (Na+K)	мг/кг	5,0		Масова частина меркаптанової сірки,		
2-а група металів (Ca+Mg)	мг/кг	5,0		%, не більше	0,01	0,01
Вміст фосфору	мг/кг	10,0		Вміст сірководню	відсутність	відсутність
				Концентрація фактичних смол, мг на 100 см ³ палива	40	30

Експлуатуючи дизельні двигуни, що працюють на БДП, необхідно звернути увагу на такі моменти. Перед початком запуску дви-

гуна слід промити фільтр грубого і тонкого очищення палива. Через підвищену агресивність такого палива потрібно замінити па-

ливні шланги і прокладки на ті, які виготовлені зі стійкого до біопалива матеріалу, а також ретельно видалити БДП, що потрапило на лакофарбові покриття. В окремих випадках потрібна частіша заміна моторного масла через його можливе розрідження біодизельним паливом, що сюди потрапляє. Може зрости рівень шуму і димності в разі холодного пуску, за низьких температур, тому потрібне застосування депресорних присадок. Необхідно контролювати вміст води у біодизельному паливі (через його велику гігроскопічність), щоб уникнути небезпеки розвитку мікроорганізмів, утворення перекисів і корозії, зокрема в елементах паливної апаратури.

Виважено проаналізувавши зарубіжний досвід отримання біодизельного палива, враховуючи великі площі орних земель, які протягом багатьох років не використовуються, можна забезпечити ріпаковою сировиною фермерські господарства і великі заводи, зорієнтовані на виготовлення БДП. Але для цього необхідна фінансова підтримка держави.

1. *Кобец Н.* Перспективы производства и переработки семян рапса в Украине. Сборн. докл. IV Междунар. конф. «Масложировая промышленность — 2005», 15–16 ноября 2005 г., г. Киев. — С. 46–52.
2. *Ковальський В., Голодніков О., Григорак М., Косарев О., Кузьменко В.* Про підвищення рівня еколого-енергетичної безпеки України // *Економіка України*. — 2000. — № 10. — С. 34–41.
3. *Винтоняк В.* Українська рапсодія // *Агроперспектива*. — 2000. — № 1. — С. 10–14.
4. *Семенов В.Г., Кухта В.Г.* Дизельное топливо из рапса // *Хранение и переработка зерна*. — 2000. — № 12. — С. 59–61.
5. *Фукс И.Г., Евдокимов А.Ю., Джамалов А.А., Лукса А.* Экологические аспекты использования топлив и смазочных материалов растительного и животного происхождения // *Химия и технология топлив и масел*. — 1992. — № 6. — С. 36–40.
6. Инструкция по получению биодизеля. — Фирма Симбрия СКЕТ, Германия // *Масложировая промышленность*, 2005. — № 5 — С. 17–18 (М.: Пищевая промышленность).

7. Біопалива (технології, машини і обладнання) / В.О. Дубровін, М.О. Корчмний, І.П. Масло, О. Шептицький, А. Рожковський, З. Пасторек, А. Гжибек, П. Євич, Т. Амон, В.В. Криворучко — К.: ЦТІ «Енергетика і електрифікація», 2004. — 256 с.
8. *Семенов В.Г., Марченко А.П., Семенова Д.У., Лінков О.Ю.* Дослідження фізико-хімічних показників альтернативного біопалива на основі ріпакової олії. — *Машинобудування: Вісн. Харківського державного політехнічного університету*. — Збірка наук. праць. — Випуск 101. — Харків: ХДПУ, 2000. — С. 159–163.
9. *Семенов В.Г.* Анализ показателей работы дизелей на нефтяных и альтернативных топливах растительного происхождения. — *Вісн. Національного технічного університету «ХПІ»*: Збірка наук. праць. Харків: НТУ «ХПІ», 2002. — № 3. — С. 177–197.
10. *Семенов В.Г.* Гармонізація національного стандарту на біодизельне паливо до європейського та американського стандартів. — *Матеріали I Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми хімотології» / 15–19 травня 2006 р.* — К.: Книжкове вид-во НАУ, 2006. — С. 119–121.
11. Альтернативні палива та інші нетрадиційні джерела енергії: Монографія / О. Адаменко, В. Височанський, В. Лютко, М. Михайлів. — Івано-Франківськ: ІМЕ. — 2001. — 432 с.

В. Семенов

БІОДИЗЕЛЬНЕ ПАЛИВО ДЛЯ УКРАЇНИ

Резюме

Енергетична залежність України в умовах постійного зростання цін на енергоносії актуалізує пошук альтернативних джерел енергії. У статті розглянуто можливості створення власних потужностей для виробництва біодизельного палива з поновлюваних сировинних ресурсів.

V. Semenov

BIODIESEL FUEL FOR UKRAINE

Summary

Energy dependence of Ukraine under conditions of constant growth of energy resources prices makes the search of alternative energy sources actual. The possibilities of internal capacity creation for biodiesel fuel manufacturing from renewable energy sources are reviewed in the article.