

УДК 504:662.756:621.436

В. Г. Семенов, к. т. н., доц.

ЦИВІЛІЗАЦІЯ БЕЗ НАФТИ: СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВИРОБНИЦТВА ТА ЗАСТОСУВАННЯ В УКРАЇНІ ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТОГО БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛЬНОГО

Розглянуто весь ланцюг виробництва біодизельного пального з ріпакової олії, проведено аналіз фізико-хімічних показників біодизельного пального і їх вплив на експлуатаційні характеристики дизельних двигунів.

Вступ

Україна належить до країн з енергодефіцитом, оскільки покриває свої потреби в паливно-енергетичних ресурсах лише на 53 % (імпортує 75 % необхідного обсягу природного газу і 85 % сирової нафти і нафтопродуктів) [1]. Залежність від імпорту нафти розглядається більшістю розвинутих країн як питання національної й енергетичної безпеки, а використання нафтопродуктів як джерел енергії становить значну екологічну небезпеку [2].

Таким чином, залежність від імпорту нафтопродуктів, ціни на які постійно підвищуються, а також значне погіршення екологічної ситуації стимулюють інтенсивний пошук альтернативних джерел енергії. Сьогодні для України настав час розвивати власні потужності для виробництва біодизельного пального з відновлюваних сировинних ресурсів [3, 4, 5].

Основна частина

Біодизельне пальне (біодизель, МЕРО, РМЕ, RME, FAME, EMAG, біонафта й ін.) — це екологічно чистий вид біопального, який отримують з жирів рослинного і тваринного походження і використовують для заміни нафтового дизельного пального (ДП). З хімічної точки зору біодизельне пальне є сумішшю метилових ефірів насичених і ненасичених жирних кислот. У процесі реакції переетерифікації олії жири вступають в реакцію з метиловим спиртом за наявності каталізатора (лугу), внаслідок чого утворюються складні ефіри, а також гліцеролова фаза. Матеріальний баланс реакції отримання біодизельного пального [6]: для одержання 1000 кг (1136 л) біодизельного пального необхідно 50 кВт теплової енергії і 25 кВт електроенергії, 1040 кг (1143 л) ріпакової олії, 144 кг (182 л) 99,8 % метанолу, 19 кг гідроксиду калію (88 % КОН). Після очищення біодизельне пальне може використовуватися в 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 конструкції двигуна.

Розглянемо складові сировинної бази для виробництва біодизельного пального в Україні, до яких можна віднести олії, одержувані з насіння олієвісних рослин, «мультисировини» м'ясокомбінатів (жири тварин), фритюрний жир та ін.

Беручи до уваги досвід європейських держав, виробництво біодизельного пального в Україні можна організувати на таких типах установок і заводів [7]: дрібнотоннажні установки 300...3000 т/рік (для фермерів), регіональні (обласні) заводи 10000...30000 т/рік, промислові заводи державного значення 50000...100000 т/рік.

Відповідно «Програмі розвитку виробництва біодизельного пального на період до 2010 року» Україна має виробляти і споживати в 2010 році понад 520 тис. тонн біодизельного пального, що потребуватиме забезпечення валового збору насіння ріпаку близько 1,7...1,8 млн тонн. З врожайністю ріпаку в середньому 20 ц/га необхідно засіяти 0,85...0,9 млн га ріллі, що становить близько 3 % від загальної площі (33,8 млн га) орних земель України. Заміна частини дизельного пального (1870 тис. т/рік), що зараз споживає АПК України, на біодизельне дозволить забезпечити сільськогосподарську техніку бінарним біопаливом раціонального складу: 30 % біодизельного + 70 % ДП [8].

Вимоги до вихідного насіння ріпаку і ріпакової олії, дотримання яких дозволить одержати біодизельне пальне, що відповідає європейському стандарту EN 14214:2003, такі: очищене насіння рапсу — маслянистість 40...44 %; вологість близько 6...7 %; вміст ffa (вільних жирних кислот) < 3 % (6 мг КОН/г); температура насіння 20...30 °С; забруднення близько 0,5 %. Олія ріпакова холодного пресування, фільтрована: йодне число 110...115; вологість максимум 0,05 %; вміст ffa максимум 0,65 % (1,3 мг КОН/г); пероксидне число 1—2 (max 3); забруднення немає; число омилення 187...191; фосфатиди як фосфор максимум 20 мг/кг. Зразок ріпакової олії, що надходить в установку для одержання біодизельного пального (жирнокислотний склад): C14:0 — 0,1 %; C16:0 — 5,0 %; C16:1 — 0,7 %; C17:0 — 0,1 %; C17:1 — 0,2 %; C18:0 — 1,8 %; C18:1 — 57,9 %; C18:2 — 21,0 %; C18:3 — 10,3 %; C20:0 — 0,6 %; C20:1 — 1,4 %; C22:0 — 0,3 %; C22:1 — 0,6 % [6].

У яких областях України кращі умови для вирощування ріпаку [1]: озимого — Львівська, Івано-Франківська, Тернопільська, Хмельницька, Вінницька, Київська, Рівненська і Волинська області. Ярого — Кіровоградська, Київська, Черкаська, Одеська, Херсонська, Полтавська, Чернігівська, Сумська, Харківська області й Крим.

Про вартість біодизельного пального. У країнах Євросоюзу виробництво біодизельного пального має істотну державну підтримку. У Німеччині біопальне не обкладається нафтовим й екологічним податками, існує система дотування вирощування ріпаку, у Франції податкова знижка становить 0,35 євро на літр біодизельного пального, в Іспанії автомобілістам, що використовують біопальне, дозволено безкоштовне паркування в містах. В цілому у Європі 1 літр біодизельного пального на 0,10...0,15 євро дешевше, ніж дизельного. В Україні за різними даними собівартість 1 літра біодизельного пального становить від 2,2 до 3,6 грн. Вартість його залежить від низки чинників [1]: врожайності ріпаку, ефективності використання соломи і шроту, вартості хімічних інгредієнтів (метанолу і луку), глибини переробки гліцеринової води, якості технологічного процесу одержання біодизельного пального.

За відповідного державного регулювання необхідність виробництва біодизельного пального в Україні очевидна. Розглянемо його фізико-хімічні показники і еколого-експлуатаційні характеристики дизелів в процесі їх роботи на біопальному. У низці зарубіжних публікацій [9] міститься інформація про те, що при проведенні порівняльних випробувань дизелів на дизельному і біодизельному пальному не відзначено жодних істотних відмінностей у поведженні двигуна при зміні виду пального, що можна пояснити високою якістю випробовуваного біопального, яка забезпечується жорсткими вимогами до його хімотологічних показників, закладених у національних стандартах на біодизельне пальне. Тому, як відзначалося вище, для успішного просування біодизелю в АПК України необхідно розробити і затвердити державні стандарти на біодизельне пальне і його бінарні суміші з дизельним паливом. Перші кроки в цьому напрямку зроблені в НТУ «ХПІ» (м. Харків) [10].

У таблиці наведені європейський стандарт 14214:2003 на біодизельне пальне і ДСТУ 3868—99 на дизельне пальне, з якого виходить, що 12 показників EN 14214:2003 можна (на першому етапі розроблення державної нормативної документації на біодизельне пальне) визначати методами випробувань, наведеними в ДСТУ 3868-99. Для визначення інших показників використовуються стандарти EN і ISO, апаратне забезпечення і методологічний зміст яких необхідно адаптувати до приладів і методик, використовуваних у науково-дослідних установах України.

Розглянемо вплив деяких фізико-хімічних показників біодизельного пального, обумовлених 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 збільшенню (на 14 %) далекобійності паливного факела і діаметра краплі розпорошеного пального, що може спричинити збільшене потрапляння біодизельного пального на стінки камери згоряння і гільзи циліндра. Менші значення коефіцієнта стисливості біодизельного пального приводять до збільшення справжнього кута випередження упорскування пального і максимального тиску у форсунці. Високе цетанове число біодизельного пального 51 і більше сприяє скороченню періоду затримки запалення і менш «жорсткій» роботі дизеля. Підвищена, майже в 3 рази, температура спалаху біодизельного пального в закритому тиглі 120 °С і забезпечує вищу пожежобезпечність. Кисень (~10 %) у молекулі метилового ефіру діє за такими напрямками.

Фізико-хімічні показники біодизельного і дизельного пального

Показники	Європейський стандарт на біодизельне пальне EN14214:2003			Стандарт України на пальне дизельне ДСТУ 3868-99		
	Розмірність	межі		Розмірність	Значення для марок	
		min	max		Л	З
Вміст ефірів	% (м/м)	96,5			—	—
Густина при температурі 15 °С	кг/м ³	860	900	при температурі 20 °С, кг/м ³	860	840
Кінематична в'язкість при температурі 40 °С	мм ² /с	3,50	5,0	при температурі 20 °С, мм ² /с	3,0...6,0	1,8...6,0
Температура спалаху	°С	120	—	°С	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	—	відсутність	відсутність
Вміст механічних домішок	мг/кг	—	24	—	відсутність	відсутність
Випробування на мідній пластинці (3 години при 50 °С)	оцінка	клас 1		—	витримує	витримує
Окисна стабільність, 110 °С	годин	6,0	—	—	—	—
Кислотне число	мг КОН/г	—	0,50	мг КОН на 100 см ³ пального, не більше	5	5
Йодне число	г J ₂ /100 г	—	120	г йоду на 100 г пального, не більше	6	6
Метиліві ефіри ліноленової кислоти	% (м/м)	—	12,0	—	—	—
Поліненасичені (≥ 4 подвійні зв'язки) метиліві ефіри	% (м/м)	—	1	Показники, розмірність	—	—
Вміст метанолу	% (м/м)	—	0,20	Фракційний склад		
Вміст моногліцеридів	% (м/м)	—	0,80	50 % переганяється при температурі, °С, не вище	280	280
Вміст дігліцеридів	% (м/м)	—	0,20	96 % переганяється при температурі, °С, не вище	370	370
Вміст тригліцеридів	% (м/м)	—	0,20	Температура застигання, °С, 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, °С, не вище	-5	-15
1-а група металів (Na + K) 2-а група металів (Ca + Mg)	мг/кг мг/кг	—	5,0 5,0	Масова частина меркаптанової сірки, %, не більше	0,01	0,01
Вміст фосфору	мг/кг	—	10,0	Вміст сірководню	відсутність	відсутність
				Концентрація фактичних смол, мг на 100 см ³ пального	40	30

Наявність окислювача безпосередньо у складі біодизельного пального дозволяє інтенсифікувати процес згоряння і забезпечити вищу температуру в робочому циліндрі дизеля, що, з одного боку, сприяє підвищенню індикаторного й ефективного ККД двигуна, а з іншого — призводить до певного збільшення оксиду азоту NO_x у відпрацьованих газах. Менша частка вуглецю (~77 %) у складі біодизельного пального спричиняє зменшення його нижчої теплоти згоряння на 11—13 % і збільшення часової і питомої ефективної витрати пального. Для збереження номінальних параметрів двигуна при переведенні на біодизельне пальне потрібне переналагодження паливної апаратури (упор рейки паливної помпи високого тиску переустановлюють на збільшення циклової подачі пального). Застосування

біодизельного пального дозволяє забезпечити зниження викидів шкідливих речовин із відпрацьованими газами. Для дизельних двигунів із вихровою камерою (передкамерою) і безпосереднім упорскуванням зниження відповідно становить: CO — 12 (10) %, C_nH_m — 35 (10) %, РМ (тверді частинки) — 36 (24) %, сажа — 50 (52) % [11]. Певне збільшення викидів NO_x можна компенсувати рядом заходів: зменшенням справжнього кута випередження упорскування пального, рециркуляцією відпрацьованих газів, подачею води на впуску.

Експлуатуючи дизельні двигуни на біодизельному пальному, необхідно звернути увагу на таке. Перед початком експлуатації двигуна на біодизельному пальному необхідно промити фільтри грубого і тонкого очищення пального. Через підвищену агресивність такого пального потрібна зміна паливних шлангів і прокладок на виготовлені зі стійкого до біопального матеріалу, а також ретельне видалення біодизельного пального, що потрапило на лакофарбові покриття. У деяких випадках потрібна частіша заміна моторної оливи через можливе розрідження біодизельним паливом, що до неї потрапляє. Можливе деяке збільшення рівня шуму і димності при холодному пуску, при понижених температурах потрібне застосування депресорних присадок. Щоб уникнути небезпеки розвитку мікроорганізмів, утворення перекисів і корозійного впливу води (у тому числі й на елементи паливної апаратури) необхідно систематично здійснювати контроль її вмісту у біодизельному пальному (через його більшу гігроскопічність).

Висновки

Виробництво і застосування біодизельного пального в Україні дозволить у значній мірі вирішити еколого-енергетичні проблеми економіки нашої держави.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кобец Н. Перспективы производства и переработки семян рапса в Украине. Труды IV Международной конференции «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. Graboski M. S., and Mc Cormik R. L. Combustion of fat and vegetable oil derived fuels in diesel engine. *Prog. Energy Combust. Sci.*, 1998. Vol. 24. P. 125—164.
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*. — Научно-технический производственный журнал. — М.: Пищевая промышленность, 2005. — № 5, — С. 17—18.
7. Біопальне (технології, машини і обладнання) / В. О. Дубровін, М. О. Корчемний, І. П. Масло, та ін. — К.: ЦП «Енергетика і електрофікація», 2004. — 256 с.
8. Семенов В. Г., Марченко А. П., Семенова Д. У., Ліньков О. Ю. Дослідження фізико-хімічних показників альтернативного біопального на основі ріпакової олії. // *Зб. наук. пр. Машинобудування: Вісник Харківського державного політехнічного університету*. — 2000. Випуск 101. — С. 159—163.
9. Семенов В. Г. Анализ показателей работы дизелей на нефтяных и альтернативных топливах растительного происхождения // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*: Зб. наук. пр. — Харків: НТУ «ХПІ». — 2002. — № 3. — С. 177—197.
10. Семенов В. Г. Гармонізація національного стандарту на біодизельне пальне до європейського та американського стандартів // *Пр. I Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми хімотології»*. 15 — 19 травня 2006 р. — К.: Книжкове вид-во НАУ, 2006. — С. 119—121.
11. Альтернативні пального та інші нетрадиційні джерела енергії / О. Адаменко, В. Височанський, В. Лютко, М. Михайлів — Івано-Франківськ: ІМЕ. — 2001. — 432 с.

Матеріали статті рекомендовані до опублікування оргкомітетом Всеукраїнської науково-технічної конференції «Альтернативні екологічно чисті та відновлювальні джерела енергії» (30.05—1.06.2007 р.)

Надійшла до редакції 30.06.07
Рекомендована до друку 02.07.07

Семенов Володимир Григорович — доцент кафедри двигунів внутрішнього згоряння.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»