

В.Г. Семенов

Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Харків

УКРАЇНА БЕЗ НАФТИ: СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВИРОБНИЦТВА ТА ЗАСТОСУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТОГО БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА



Як відомо, приблизно 80 % механічної енергії, яку використовує людство у своїй діяльності, виробляється двигунами внутрішнього згоряння, для котрих основними є рідкі палива нафтового походження. У зв'язку з обмеженими ресурсами нафти та газу в Україні великої актуальності набувають наукові дослідження та практичні дії, направлені на пошук, розробку і застосування альтернативних палив з відновлювальних джерел. В статті розглянуто увесь ланцюг виробництва біодизельного палива з ріпакової олії, наведений аналіз фізико-хімічних показників цього палива і їх вплив на експлуатаційні характеристики роботи дизельних двигунів.

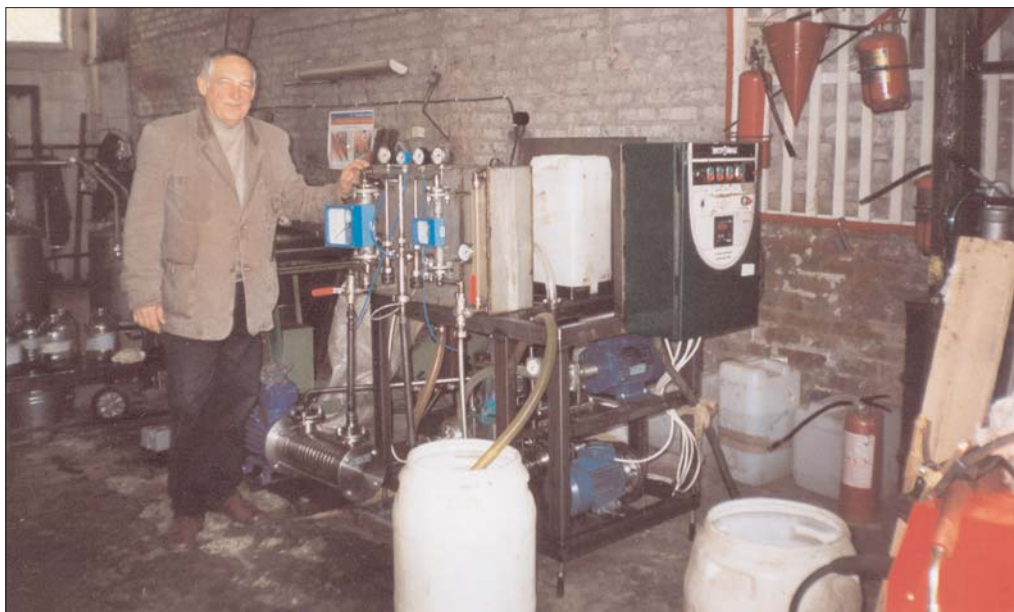
Ключові слова: дизельне паливо, ріпак, олія, біодизельне паливо, установка, показники.

Україна належить до енергодефіцитних країн, тому що свої потреби в паливно-енергетичних ресурсах за рахунок внутрішніх резервів покриває лише на 53 % (імпортує 75 % необхідного природного газу і 85 % сирової нафти і нафтопродуктів) [1]. Залежність від імпорту нафти розглядається більшістю розвинених 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 невблаганно зростають, а також значне погіршення екологічної ситуації стимулюють інтенсивний пошук альтернативних джерел енергії. Сьогодні настав час розвивати власні потужності для виробництва біодизельного палива з поновлюваних сировинних ресурсів [3, 4, 5].

Біодизельне паливо (біодизель, МЕРО, РМЕ, RME, FAME, ЕМАГ, біонафта та ін.) — це еко-

логічно чистий вид палива, який одержують із жирів рослинного та тваринного походження і використовують для заміни нафтового дизельного палива (ДП). З хімічної точки зору біодизельне паливо є сумішшю метилових ефірів насичених і ненасичених жирних кислот. У процесі реакції переестерифікації олії жири вступають у реакцію з метиловим спиртом за наявності каталізатора (лугу), внаслідок чого утворюються складні ефіри, а також гліцеролова фаза. Матеріальний баланс реакції одержання біодизельного палива такий [6]: для одержання 1 000 кг (1 136 л) біодизельного палива необхідно 50 кВт теплової енергії і 25 кВт електроенергії, 1 040 кг (1 143 л) ріпакової олії, 144 кг (182 л) 99,8 % метанолу, 19 кг гідроксиду калію (88 % КОН). Після очищення біодизельне паливо 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 у конструкції двигуна.



Полтава. Установка (пілотна) для виробництва біодизельного палива з ріпакової олії. Паливо відповідає європейському стандарту EN 14214:2003. Виробники довірили пуск установки науковцю Семенову В.Г.

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

Беручи до уваги досвід європейських держав, виробництво біодизельного палива в Україні можна організувати на таких типах установок і заводів [7]: дрібнотоннажні установки з оборотом 300 ÷ 3 000 т/рік (для фермерів), регіональні (обласні) заводи — 10 000 ÷ 30 000 т/рік, промислові заводи державного значення 50 000 ÷ 100 000 т/рік.

Відповідно до "Програми розвитку виробництва біодизельного палива на період до 2010 р." Україна має виробляти і споживати в 2010 р. понад 520 тис. тонн біодизельного палива, що потребуватиме забезпечення валового збору насіння ріпаку близько 1,7 ÷ 1,8 млн тонн. При врожайності ріпаку в середньому 20 ц/га необхідно засіяти 0,85 ÷ 0,9 млн га землі, що становить близько 3 % від загальної пло-

щі (33,8 млн га) орних земель України. Заміна частини дизельного палива (1 870 000 т/рік), що зараз споживає АПК України, на біодизельне дасть можливість 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 паливо, що відповідає європейському стандарту EN 14214:2003, такі: *очищене насіння рапсу* — олійність 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 (тах 3); забруднення немає; число омилення 187 ÷ 191; фосфатиди (як фосфор) максимум 20 мг/кг. Зразок ріпакової олії, що надходить в установку для одержання біодизельного па-

лива (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].

Області України, у яких наявні кращі умови для вирощування ріпаку [1]: **озимого** – *Львівська, Івано-Франківська, Тернопільська, Хмельницька, Вінницька, Київська, Рівненська і Волинська*; **ярого** – *Кіровоградська, Київська, Черкаська, Одеська, Херсонська, Полтавська, Чернігівська, Сумська, Харківська й Крим*.

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

При відповідному державному регулюванні необхідність виробництва біодизельного палива в Україні очевидна. Розглянемо його фізико-хімічні показники і еколого-експлуатаційні характеристики дизелів при їхній роботі на біопаливі. У ряді зарубіжних публікацій [9] міститься інформація про те, що при проведенні порівняльних випробувань дизелів на дизельному і біопаливі не відзначено жодних істотних відмінностей у поведженні двигуна при зміні виду палива, що можна пояснити високою якістю випробовуваного біопалива,

яка забезпечується жорсткими вимогами до його хімотологічних показників, закладених у національних стандартах на біодизельне паливо. Тому, як відзначалося вище, для успішного просування біодизельного палива в АПК України необхідно розробити і затвердити державні стандарти на це паливо та його бінарні суміші. Перші кроки в цьому напрямку зроблені в НТУ "ХПІ" (м. Харків) [10].

У таблиці наведено європейський стандарт 14214:2003 на біопаливо і ДСТУ 3868-99 на дизельне паливо, з чого виходить, що 12 показників EN 14214:2003 можна (на першому етапі розроблення державної нормативної документації на біодизельне паливо) 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 палива, 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 %) далькості паливного факела і діаметра краплі розпорошеного палива, що може спричинити збільшення потрапляння біодизельного палива на стінки камери згоряння і гільзи циліндра. Менші значення коефіцієнта стисливості біодизельного палива приводять до збільшення справжнього кута випередження упорскування палива і максимального тиску у форсунці. Високе цетанове число біодизельного палива 51 і більше сприяє скороченню періоду затримки запалення і менш "жорсткій" роботі дизеля. Підвищена (майже в 3 рази) температура спалаху біодизельного палива в закритому тиглі 120 °С більше забезпечує пожежобезпечність. Кисень (~10 %) у молекулі метилового ефіру діє

Фізико-хімічні показники біодизельного і дизельного палив

Показники	Європейський стандарт на біодизельне паливо EN14214:2003		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 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	Масова частина в %, не більше	0,05 ÷ 0,20	0,05 ÷ 0,20
Коксівність 10 % залишку	% (м/м)	—	0,30	%, не більше	0,30	0,30
Цетанове число		51,0		не менше	45	45
Зольність	% (м/м)	—	0,02	%, не більше	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 палива, не більше	5	5
Йодне число	г J ₂ /100 г		120	г йоду на 100 г палива, не більше	6	6
Метилові ефіри ліноленової кислоти	% (м/м)		12,0		—	—
Поліненасичені (4 подвійні зв'язки) метилові 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)	мг/кг		5,0	Масова частина меркаптанової сірки, %, не більше	0,01	0,01
2-а група металів (Ca+Mg)	мг/кг		5,0			
Вміст фосфору	мг/кг		10,0	Вміст сірководню	Відсутність	Відсутність
				Концентрація фактичних смол, мг на 100 см ³ палива, не більше	40	30

за такими напрямками. Наявність окислювача безпосередньо у складі біодизельного палива дозволяє інтенсифікувати процес згоряння і забезпечити більш високу температуру в циліндрі дизеля, що, з одного боку, сприяє підвищенню індикаторного й ефективного ККД двигуна, а з іншого — призводить до певного збільшення оксидів азоту NO_x у відпрацьованих газах. Менша частка вуглецю (~77 %) у складі біодизельного палива спричиняє зменшення його нижчої теплоти згоряння на 11–13 % і збільшення часової і питомої ефективної витрати палива. Для збереження номінальних параметрів двигуна при переведенні на біодизельне паливо потрібне перерегулювання паливної апаратури (упор рейки паливної помпи високого тиску переустановлюють на збільшення циклової подачі палива). Застосування біодизельного палива дає можливість забезпечити зниження викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами. Для дизельних двигунів із вихровою камерою (передкамерою) і безпосереднім упорскуванням зниження відповідно становить: CO — 12 (10) %, CnHm — 35 (10) %, PM (тверді частинки) — 36 (24) %, сажа — 50 (52) % [11]. Певне збільшення викидів NO_x можна компенсувати рядом заходів: зменшенням справжнього кута випередження упорскування палива, рециркуляцією відпрацьованих газів, подачею води на впуску.

При експлуатації дизельних двигунів на біодизельному паливі необхідно звернути увагу на таке. Перед початком експлуатації двигуна на біодизельному паливі необхідно промити фільтри грубого і тонкого очищення палива. Через підвищену агресивність такого палива потрібна зміна паливних шлангів і прокладок на виготовлені зі стійкого до біопалива матеріалу, а також ретельне видалення біодизельного палива, 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 запуску, при знижених температурах потрібне застосування депресорних присадок. Необхідно здійснювати контроль за вмістом води у біодизельному паливі (через його більшу гігроскопічність), щоб уникнути небезпеки розвитку мікроорганізмів, утворення перекисів і корозійного впливу води, в тому числі й на елементи паливної апаратури.

Отже, виробництво і застосування біодизельного палива в Україні дасть можливість у значній мірі вирішити еколого-енергетичні проблеми економіки нашої держави.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Кобец Н.* Перспективи производства и переработки семян рапса в Украине. Сборник докладов IV Международной конференции "Масложирова промышленность — 2005", 15–6 ноября 2005 г., г. Киев. — С. 46–52.
2. *Ковальський В., Голодніков О., Григорак М. та ін.* — Про підвищення рівня еколого-енергетичної безпеки України // *Економіка України*. — 2000. — № 10. — С. 34–41.
3. *Винтоняк В.* Українська рапсодія // *Агрперспектива*. — 2000. — № 1. — с. 10–14.
4. *Graboski M.S., and Mc Cormick R.L.* Combustion of fat and vegetable oil derived fuels in diesel engine. *Prog. Energi Combust. Ski.* Vol. 24. pp. 125–164, 1998.
5. *Фукс И.Г., Евдокимов А.Ю., Джамалов А.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 / *Масложирова промышленность*. — Научно-технический производственный журнал. — М.: Пищевая промышленность, № 5, 2005. — С. 17–18.
7. Біопалива (технології, машини і обладнання) / В.О. Дубровін, М.О. Корчемний, І.П. Масло, О. Шептицький, А. Рожковський, З. Пасторек, А. Гжибек, П. Євич, Т. Амон, В.В. Криворучко — К.: ЦТІ "Енергетика і електрофікація", 2004. — 256 с.
8. *Семенов В.Г., Марченко А.П., Семенова Д.У., Ліньков О.Ю.* Дослідження фізико-хімічних показників альтернативного біопалива на основі ріпакової олії. — *Машинобудування: Вісник 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. — Вісник Національного технічного університету "ХПІ": Збірка наукових 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. Девянин С.Н., Марков В.А., Семенов В.Г. Растительные масла и топлива на их основе для дизельных двигателей. — Харьков: Новое слово, 2007. — 452 с.

В.Г. Семенов

УКРАИНА БЕЗ НЕФТИ: СОСТОЯНИЕ
И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ
ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО
БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

Известно, что около 80 % механической энергии, которую использует в своей деятельности человечество, вырабатывается двигателями внутреннего сгорания, которые являются основными потребителями жидких топлив нефтяного происхождения. В связи с ограниченными ресурсами нефти и газа в Украине большую актуальность имеют научные исследования и практические

действия, направленные на поиск, разработку и применение альтернативных топлив из возобновляемых источников. Рассмотрена вся цепочка получения биодизельного топлива из рапсового масла, проведен анализ физико-химических показателей биодизеля и их влияние на эксплуатационные характеристики работы дизельных двигателей.

Ключевые слова: дизельное топливо, рапс, масло, биодизельное топливо, установка, показатели.

V.G. Semenov

UKRAINE WITHOUT OIL: STATUS
AND PROSPECTS OF PRODUCTION
DEVELOPMENT AND APPLICATION
OF ECOLOGICAL BIODIESEL FUEL

It is known approximately 80% of mechanical energy used in practice is produced by internal-combustion engines, which are the basic users of foel oil. In connection with scarce oil and gas resources in Ukraine, scientific researches and practical skills, directed at search, development and application of alternative fuels from renewable sources have great importance. The sequence of biodiesel fuel's production from rape oil is considered, analysis of physical and chemical indexes of biodies and their influence on system performances of diesel engines is conducted.

Keywords: diesel oil, rape, oil, biodiesel, installation, indices.

Надійшла до редакції 05.02.07.