

Семенов В.Г.

ЦИВИЛИЗАЦИЯ БЕЗ НЕФТИ: БИОДИЗЕЛЬНОЕ ТОПЛИВО В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ УКРАИНЫ

Украина относится к энергодефицитным странам, так как покрывает свои потребности в топливно-энергетических ресурсах лишь на 53 % (импортирует 75 % необходимого объема природного газа и 85 % сырой нефти и нефтепродуктов) [1]. Зависимость от импорта нефти рассматривается большинством развитых стран как вопрос национальной и энергетической безопасности, а использование нефтепродуктов как источников энергии несет в себе значительную экологическую опасность [2]. Таким образом, зависимость от импорта нефтепродуктов, цены на которые неумолимо растут, а также значительное ухудшение экологической ситуации стимулирует интенсивный поиск альтернативных источников энергии. Ситуация, в которой находится Украина, может сравниться с той, в какой оказалось мировое сообщество в 1973–1974 гг. Сегодня для Украины наступило время развивать собственные мощности для производства биодизельного топлива из возобновляемых сырьевых ресурсов [3,4,5].

Биодизельное топливо (биодизель, МЭРМ, РМЭ, RME, FAME, EMAG, бионафта и др.) – это экологически чистый вид биотоплива, получаемый из жиров растительного и животного происхождения и используемый для замены нефтяного дизельного топлива (ДТ). С химической точки зрения биодизельное топливо представляет собой смесь метиловых (этиловых) эфиров насыщенных и ненасыщенных жирных кислот. В процессе реакции переэтерификации масла жиры вступают в реакцию с метиловым (этиловым) спиртом в присутствии катализатора (щелочи), в результате чего образуются сложные эфиры, а также глицероловая фаза: 56 % глицерина, 4 % метанола, 13 % жирных кислот, 8 % воды, 9 % неорганических солей, 10 % эфиров. Материальный баланс реакции получения биодизельного топлива [6]: для получения 1000 кг (1136 л) биодизельного топлива необходимо 50 кВт тепловой энергии и 25 кВт электроэнергии, 1040 кг (1143 л) рапсового масла, 144 кг (114 л) 99,8 % метанола, 19 кг гидроксида калия (88 % КОН), 6 кг вспомогательного фильтрующего материала, 105 кг воды. При этом кроме биодизельного топлива получается, около 200 кг сырого глицерина и 117 кг воды после очистки биодизельного топлива. Биодизельное топливо может использоваться в любых дизельных двигателях (вихрекамерных и предкамерных, а также с непосредственным впрыском); как самостоятельно (в адаптированных двигателях), так и в смеси с дизельным топливом, без внесения изменения в конструкцию двигателя.

Рассмотрим составляющие сырьевой базы для производства биодизельного топлива в Украине, к которым можно отнести: масла, получаемые из семян маслосодержащих растений, «мультисырье» мясокомбинатов (жиры животных), фритюрный жир и др.

Принимая во внимание опыт европейских государств, производство биодизельного топлива в Украине можно организовать на следующих типах установок и заводов [7]: мелкотоннажные установки 300–3000 т/год (для фермеров), региональные (областные) заводы 10000–30000 т/год, промышленные заводы государственного значения 50000–100000 т/год.

В соответствии с «Программой развития производства биодизельного топлива на период до 2010 г.» Украина должна производить и потреблять в 2010 г. более 520 тыс. т биодизельного топлива, что потребует обеспечить валовый сбор семян рапса

около 1,7–1,8 млн. т. При урожайности рапса в среднем 20 ц/га необходимо засеять 0,85–0,9 млн. га пашни, что составляет около 3 % от общей площади (33,8 млн. га) пахотных земель Украины. Замена части дизельного топлива (1870 тыс. т/год), которое в настоящее время потребляет АПК Украины, на биодизельное, позволит обеспечить сельскохозяйственную технику бинарным биотопливом рационального состава: 30 % биодизельного + 70 % ДТ [8].

Рассмотрим требования, предъявляемые к исходным семенам рапса и рапсовому маслу [6], обеспечение которых позволит получить биодизельное топливо, соответствующее Европейскому стандарту EN 14214:2003. Очищенные семена рапса: масличность 40–44 %, влажность около 6–7 %; содержание *ffa* (свободных жирных кислот) < 3 % (6 мг КОН/г); температура семян 20–30 °С; загрязнение около 0,5 %. Холоднопрессованное, фильтрованное рапсовое масло: йодное число 110–115; влажность максимум 0,05 %; содержание *ffa* максимум 0,65 % (1,3 мг КОН/г); пероксидное число 1–2 (max 3); загрязнения нет; число омыления 187 – 191; фосфатиды в качестве фосфора максимум 20 мг/кг; температура мин. 20 °С. Образец рапсового масла, поступающего в установку для получения биодизельного топлива (жирно-кислотный состав): 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 %; 22:1 – 0,6 %.

Рассмотрим, в каких областях Украины лучшие условия выращивания рапса [1]: озимого – Львовская, Ивано-Франковская, Тернопольская, Хмельницкая, Винницкая, Киевская, Ровненская и Волынская области; ярового – Кировоградская, Киевская, Черкасская, Одесская, Херсонская, Полтавская, Черниговская, Сумская, Харьковская области и Крым.

В странах Евросоюза производство биодизельного топлива имеет существенную государственную поддержку. В Германии биотопливо не облагается минеральными и экологическими налогами, существует система дотирования выращивания рапса, во Франции налоговая скидка составляет 0,35 евро/литр биодизельного топлива, в Испании автомобилистам, использующих биотопливо, разрешена бесплатная внутригородская парковка. В целом по Европе 1 литр биодизельного топлива на 0,10–0,15 евро дешевле, чем дизельного. В Украине по различным данным себестоимость 1 литра биодизельного топлива составляет от 2,2 до 3,0 грн. Стоимость биодизельного топлива зависит от ряда факторов [1]: урожайность рапса, эффективность использования соломы и шрота, стоимость химических ингредиентов (метанола и щелочи), глубина переработки глицериновой воды, качество технологического процесса получения биодизеля.

Исходя из того, что в первой части статьи удалось доказать необходимость производства биодизельного топлива в Украине, перейдем к рассмотрению его физико-химических показателей и эколого-эксплуатационных характеристик дизелей при их работе на биотопливе. В ряде зарубежных публикаций [9] содержится информация о том, что при проведении сравнительных испытаний дизелей на дизельном топливе и биодизельном не отмечено каких-либо существенных различий поведения двигателя при смене вида топлива, что можно объяснить хорошим качеством испытываемого биотоплива, которое обеспечивается жесткими требованиями к его химмотологическим показателям, заложенными в национальных стандартах на биодизельное топливо. Поэтому, как отмечалось выше, для успешного продвижения биодизеля в АПК Украины необходимо разработать и утвердить государственные стандарты на биодизель и его бинарные смеси с дизельным топливом. Первые шаги в этом направлении сделаны в НТУ «ХПИ» (г. Харьков) [10].

Таблица – Физико-химические показатели биодизельного и дизельного топлива

Показатели	Европейский стандарт на биодизель EN14214:2003		Стандарт Украины на топливо дизельное ДСТУ 3868-99			
	Размерность	пределы		Размерность	Значение для марок	
		min	max		Л	З
Содержание эфиров	% (м/м)	96,5			–	–
Плотность при температуре 15°C	кг/м ³	860	900	при температуре 20°C, кг/м ³	860	840
Кинематическая вязкость при температуре 40°C	мм ² /с	3,50	5,0	при температуре 20°C, мм ² /с	3,0–6,0	1,8–6,0
Температура вспышки	°C	120	–	°C	40–62	35–40
Содержание серы	мг/кг	–	10,0	%	0,05–0,20	0,05–0,20
Коксуемость 10% остатка	% (м/м)	–	0,30	%	0,30	0,30
Цетановое число		51,0			45	45
Зольность	% (м/м)	–	0,02	%	0,01	0,01
Содержание воды	мг/кг	–	500		Отсутствие	Отсутствие
Содержание механических примесей	мг/кг	–	24		— " —	— " —
Испытания на медной пластинке (3 часа при 50 °C)	оценка		класс 1		выдерживает	выдерживает
Окислительная стабильность, 110 °C	часов	6,0	–		–	–
Кислотное число	мг КОН/г		0,50	мг КОН на 100 см ³ топлива, не более	5	5
Йодное число	г J ₂ /100 г		120	г йода на 100 г топлива, не более	6	6
Метилловые эфиры линоленовой кислоты	% (м/м)		12,0		–	–
Полиненасыщенные (>=4 двойных связи) метилловые эфиры	% (м/м)		1		–	–
Содержание метанола	% (м/м)		0,20	Показатели, размерность		
Содержание моноглицеридов	% (м/м)		0,80	Фракционный состав:		
Содержание диглицеридов	% (м/м)		0,20	50 % перегоняется при температуре, °C, не выше	280	280
Содержание триглицеридов	% (м/м)		0,20	96 % перегоняется при температуре, °C, не выше	370	370
Свободный глицерин	% (м/м)		0,02	Температура застывания, °C, не выше	-10	-25
1-а группа металлов (Na+K) 2- а группа металлов (Ca+Mg)	мг/кг		5,0	Массовая часть меркаптановой серы, %, не более	0,01	0,01
				Содержание сероводорода	отсут.	отсут.
				Концентрация фактических смол, мг на 100 см ³ топлива	40	30
Содержание фосфора	мг/кг		10,0	Коэффициент фильтруемости, не более	3	3
				Предельная температура фильтруемости, °C, не выше	-5	-15

В таблице приведены Европейские стандарты 14214:2003 на биодизель и ДСТУ 3868-99 на дизельное топливо. Как видно, 12 показателей EN 14214:2003 можно (на первом этапе разработки государственной нормативной документации на биодизельное топливо) определять методами испытаний, приведенными в ДСТУ 3868-99. Для определения остальных показателей используются стандарты EN и ISO, аппаратное обеспечение и методологическое содержание которых необходимо адаптировать к приборам и методикам, используемых в научно-исследовательских учреждениях Украины.

Вкратце рассмотрим влияние некоторых физико-химических показателей биодизельного топлива, определяемые стандартом EN 14214:2003, на параметры дизеля и его эколого-эксплуатационные характеристики. Повышение, по сравнению с дизельным топливом, плотность на 10 % и кинематическая вязкость в 1,5 раза способствуют некоторому увеличению (на 14 %) дальности топливного факела и диаметра капель распыленного топлива, что может привести к увеличенному попаданию биодизельного топлива на стенки камеры сгорания и гильзы цилиндра. Меньшие значения коэффициента сжимаемости биодизельного топлива приводит к увеличению действительного угла опережения впрыскивания топлива и максимального давления в форсунке. Высокое цетановое число биодизельного топлива 51 и более способствует сокращению периода задержки воспламенения и менее «жесткой» работе дизеля.

Повышенная, почти в 3 раза, температура вспышки биодизельного топлива в закрытом тигле 120 °С и более обеспечивает высокую пожаробезопасность. Кислород (~ 10 %) в молекуле метилового эфира действует по следующим направлениям. Наличие окислителя непосредственно в молекуле топлива позволяет интенсифицировать процесс сгорания и обеспечить более высокую температуру в цилиндре дизеля, что, с одной стороны, способствует повышению индикаторного и эффективного к.п.д. двигателя, а с другой – приводит к некоторому увеличению оксида азота NO_x в отработавших газах. Меньшая доля углерода (~ 77 %) в молекуле биодизельного топлива приводит к уменьшению его низшей теплоты сгорания на 13–15 % и увеличению часового и удельного эффективного расходов топлива. Для сохранения номинальных параметров двигателя при переводе на биодизельное топливо требуется перерегулировка топливной аппаратуры (упор рейки топливного насоса высокого давления переустанавливают на увеличение цикловой подачи топлива). Применение биодизельного топлива позволяет обеспечить снижение выбросов вредных веществ с отработавшими газами. Для дизельных двигателей с вихревой камерой (предкамерой) и непосредственным впрыском снижение соответственно составляет: CO – 12 (10) %, C_nH_m – 35 (10) %, PM (твердые частицы) – 36 (24) %, сажа – 50 (52) % [11]. Некоторое увеличение выбросов NO_x можно компенсировать рядом мероприятий: уменьшением действительного угла опережения впрыскивания топлива, рециркуляция отработавших газов, подача воды на впуске.

При эксплуатации дизельных двигателей на биодизельном топливе необходимо обратить внимание на следующее. Перед началом эксплуатации двигателя на биодизельном топливе необходимо промыть фильтр грубой и тонкой очистки топлива. Из-за повышенной агрессивности такого топлива требуется смена топливных шлангов и прокладок на изготовленные из устойчивого к биотопливу материала, а также тщательное удаление биодизельного топлива, попавшего на лакокрасочные покрытия. В некоторых случаях требуется более частая смена моторного масла из-за возможного разжижения

попадающим в него биодизельным топливом. Возможно некоторое увеличение уровня шума и дымности при холодном пуске, при пониженных температурах требуется применение депрессорных присадок. Необходимо осуществлять контроль содержания воды в биодизельном топливе (из-за его большой гигроскопичности), чтобы избежать опасности развития микроорганизмов, образования перекисей и коррозионного воздействия воды, в том числе и на элементы топливной аппаратуры.

Таким образом, производство и применение биодизельного топлива в Украине позволит радикальным образом разрешить эколого-энергетические проблемы экономики нашего государства.

Литература

1. Кобец Н. Перспективы производства и переработки семян рапса в Украине. Сборник докладов 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. 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*. – 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*. Збірник 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”*: Збірник 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. Альтернативні палива та інші нетрадиційні джерела енергії: Монографія / О. Адаменко, В. Височанський, В. Льотко, М. Михайлів – Івано-Франківськ: ІМЕ. – 2001. – 432 с.