

**В. Г. СЕМЁНОВ**, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ» (г. Харьков),  
**И. П. ВАСИЛЬЕВ**, канд. техн. наук, Восточноукраинский  
национальный университет им. В. Даля (г. Луганск)

## **СРАВНЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДИЗЕЛЯ ПРИ РАБОТЕ НА БИОДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВАХ РАЗНЫХ СОРТОВ**

Проведено техніко-економічні дослідження впливу технології одержання і якості вітчизняного біодизельного палива на показники двигуна.

The technical and economic researches of influence of technology of reception and quality domestic biological fuel of diesel fuel on parameters of the engine are carried out.

Усиление парникового эффекта на Земном шаре остро ставит проблему рационального получения и использования топлив. Использование топлив растительного происхождения частично решает эту проблему, поскольку CO<sub>2</sub>, образовавшийся во время сгорания в цилиндре двигателя поглощается растениями на полях. К топливам растительного происхождения можно отнести биодизельное топливо, растительные масла, а также любые вещества растительного происхождения, которые могут сгорать в цилиндрах двигателей. В настоящее время более широко используется биодизельное топливо, которое может использоваться в существующих дизелях. В СНГ появилось большое количество производителей биодизельного топлива, но, из-за отсутствия стандарта на биодизельное топливо возникла проблема его качества. Низкокачественное топливо может приводить к нарушению работы двигателя и к сокращению времени нормальной эксплуатации.

В Европе в качестве топлив растительного происхождения широко используется биодизельное топливо [1]. Из-за подорожания дизельного топлива интенсивно налаживается производство этого топлива и в Украине [2]. Возрастает интерес к этим топливам и в России [3]. Переход на топлива растительного происхождения с более высокой вязкостью позволит продлить срок работы этих двигателей даже в условиях запредельного износа плунжерных пар топливного насоса [4].

Обычно испытания топлив растительного происхождения проводят на разных двигателях, на отличающихся режимах, используя различную измерительную аппаратуру, что затрудняет объективное сравнение этих топлив. Поэтому целью данных исследований являлось сравнение характеристик и показателей двигателя при работе на дизельном топливе, биодизельных топливах и на смеси соевого масла (СМ) с дизельным топливом (ДТ) в соотно-

шении 30:70. При этом для последних испытаний использовалось соевое масло, которое служило сырьем для получения биодизельного топлива.

Объект испытаний – дизельный двухцилиндровый четырехтактный вихрекамерный двигатель 2Ч8,5/11 со штифтовым распылителем РШ 6?2?25 с давлением затяжки иглы форсунки 14,5 МПа, степенью сжатия 17, объемом вихревой камеры с соединительным каналом 27 см<sup>3</sup>, угол опережения впрыскивания топлива  $\Theta = 18^\circ$  п. к. в. до ВМТ.

Испытания всех топлив проводились в одном испытательном цикле, при переводе на работу на одном цилиндре (рис. 1). Описание испытательного стенда приведено в работе [5]. Учитывая, что в большинстве случаев двигатели работают не на номинальном режиме, то для испытаний был выбран частичный режим - обороты коленчатого вала 1000 об/мин при мощности двигателя 1,94 кВт.

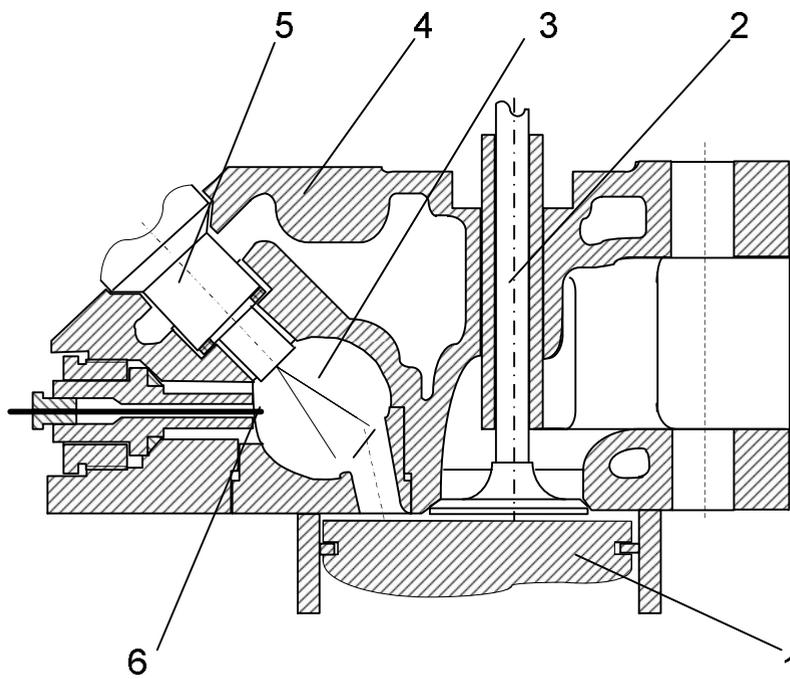


Рис. 1. Схема камеры сгорания дизеля Ч 8,5/11: 1-поршень; 2-клапан; 3-вихревая камера сгорания; 4-головка; 5-форсунка; 6-термопара

Результаты испытаний подвергались статистической обработке и оценкой отличий с вероятностью 0,95. Испытывались биодизеля следующих производителей: ННЦ «Институт механизации и электрификации сельского хозяйст-

ва», Киевская обл., п.г.т. Глеваха; завод по приготовлению биодизеля, г. Херсон; ЧП «ЛК Экспорт Импорт», Солоницевка, г. Харьков; агрофирма «Заря», Луганская обл., Белокуракинский р-н.; ЧП «Химпоставщик», Луганская обл., г. Северодонецк; ООО «Биодизель-Луганск». Это были метиловые эфиры подсолнечного (МЕПМ), рапсового (МЕРМ) и соевого (МЕСМ) масел и смесь (СМ:ДТ-30:70). В таблице 1 представлены характеристики топлив.

Таблица 1

Характеристики топлив

№№	Топливо	Плотность $\rho_{20}$ , кг/м <sup>3</sup>	Вязкость $\nu_{20}$ , мм <sup>2</sup> /с	Т-ра вспышки в закрытом тигле, °С
1	ДТ «Л»	844	5,3	78
2	МЕСМ-1	886	7,9	173
3	МЕСМ-2	882	6,9	33
4	МЕРМ	881	6,4	36
5	МЕПМ-1	885	8	29
6	МЕПМ-2	888	9,6	60
7	МЕПМ-3	891	11,2	40
8	СМ:ДТ-0:70	862	9,5	84

Анализ характеристик биодизельных топлив по температуре вспышки в закрытом тигле говорит о том, что только одно топливо удовлетворяет требованиям (по стандарту эта величина должна превышать 120°С).

По стандартам СНГ плотность топлив определяются при температуре 20°С, по стандарту EN 14214 при температуре 15°С, что требует корректировки показаний [6].

Основная цель это получение биодизельного топлива высокого качества. Таким критерием можно считать КПД двигателя при работе на соответствующем биодизельном топливе. Чем лучше качество, тем выше КПД. Учитывая, что за рубежом используется биодизельное топливо, соответствующее стандарту, то результаты его испытаний близки к величине, к которой необходимо стремиться. Так в работе [1] использования биодизельного топлива из соевого масла привело к улучшению КПД дизеля на 6,5 % по сравнению с ДТ. В работе [7] эта величина при испытаниях двигателя F2L511 (2Ч10/10,5) на биодизельном топливе из рапсового масла составила 4,1 %. По мере приближения КПД биодизельных топлив к этому значению возможно судить об их совершенстве.

Результаты испытаний приведены на рис. 2 и в таблице 2. Лучшими по эффективности сгорания явились топлива №3 (МЕСМ-2), №2 (МЕСМ-1) и №8 (СМ:ДТ-30:70).

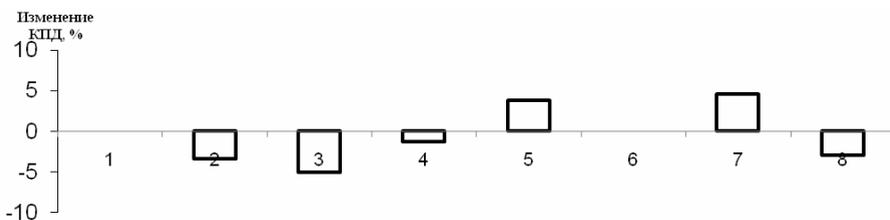


Рис. 2. Изменение КПД двигателя при работе на различных топливах растительного происхождения (обозначения согласно таблице 1)

Таблица 2  
Результаты сравнительных испытаний топлив по отношению к ДТ «Л» с оценкой отличий с вероятностью 0,95

ДТ «Л»	МЕСМ-1	Отличие, %	С вероятностью 0,95	МЕСМ-2	Отличие, %	С вероятностью 0,95	МЕРМ	Отличие, %	вероятностью 0,95	СМ:ДТ - 30:70
<b>КПД</b>										
0,238	0,246	+3,36	есть	0,250	+5,0	есть	0,241	+1,3	нет	0,245
<b>Тог, °С</b>										
289	300	-3,8	есть	294	-1,7	нет	309	-6,9	есть	304
<b>Ткс, °С</b>										
637	672	-5,5	есть	611	4,1	есть	622	2,4	нет	635
<b>Коэффициент избытка воздуха</b>										
1,97	2,021	-2,6	есть	2,056	-4,4	есть	1,991	-1,1	нет	2,02
<b>NOx, чм</b>										
892	1059	-18,7	есть	917	-2,8	нет	917	-2,8	нет	854
<b>Дымность, %</b>										
7,1	6,3	10,6	нет	5,5	22,7	есть	7,24	-2,4	нет	3,2
<b>О, чм</b>										
176	184	-4,5	-	129	26,7	-	144	18,2	-	79

«-» сравнение не проводилось

Были проведены исследования по определению влияния содержания метанола в биодизельном топливе (МЕСМ-1) на КПД двигателя (таблица 3).

Таблица 3

Характеристики смесей метанола с МЕСМ-1 и результаты испытаний на дизеле

Показатели	Метанол:МЕСМ-1					
	100:0	5:95	1:99	0,5:99,5	0,4:99,6	0:100
Состав топлива: С	0,375	0,750	0,766	0,768	0,768	0,77
Н	0,125	0,120	0,120	0,120	0,120	0,12
О	0,5	0,130	0,114	0,112	0,112	0,11
С/Н	3,00	6,24	6,38	6,40	6,40	6,42
Плотность $\rho_{20}$ , кг/м <sup>3</sup>	790	879	882	883	881	884
Вязкость $\nu_{20}$ , мм <sup>2</sup> /с	0,76	5,92	6,94	7,09	7,16	7,45
Температура вспышки, °С	8	-	40	55	61	173
Низшая теплота сгорания, кДж/кг	19700	36414	37043	37122	37137	37200
Результаты испытаний дизеля при мощности 1,94 кВт и $\Theta=19\text{о}$ до верхней мертвой точки						
КПД	-	-	0,232	-	0,234	0,25
$T_{ог}$ , °С	-	-	298	-	297	298
$T_{кс}$ , °С	-	-	528	-	533	568
$NO_x$ , чнм	-	-	765	-	804	845

С увеличением содержания метанола происходит уменьшение плотности, вязкости и снижается температура вспышки в закрытом тигле. При этом КПД двигателя ухудшается, но снижается уровень вредных выбросов с отработавшими газами [8].

На данный момент времени использование того или иного топлива определяется экономической целесообразностью, например, стоимостью одного кВт·ч (таблица 4). Из таблицы 4 следует, что по экономическому критерию наиболее выгодно использовать биодизельные топлива МЕСМ-1, МЕРМ и МЕСМ-2. Важным является не только КПД двигателя, но и стоимость биодизеля. Высокий КПД двигателя может быть нивелирован большой стоимостью биодизельного топлива на его получение. Определяющее значение имеет стоимость дизельного топлива. Использование СМ:ДТ-30:70, является выгодным, то требует учета расходов на переоборудование двигателя для работы на этой смеси.

Выводы. Желательно производителям биодизельного топлива ориентироваться на зарубежный стандарт EN 14214, что позволит не только получать качественное топливо, но и в перспективе обеспечить экспорт этого топлива за рубеж. В настоящее время биодизельные топлива, изготавливаемые в Украине, не отвечают этому стандарту. По косвенной оценке из шести биодизельных топлив только два по КПД двигателя приближаются к показателям

зарубежного биодизельного топлива. При использовании биодизельного топлива необходимо ориентироваться на экономический критерий, например,

Таблица 4

Изменение стоимости одного кВт·ч для разных топлив по отношению к стоимости одного кВт ч при работе двигателя на ДТ

Топливо	Расход топлива, кг/ч	КПД двигателя, %	Стоимость топлива, Евро/кг	Стоимость 1 кВт·ч, Евро	Изменение стоимости 1 кВт·ч, %
ДТ «Л»	0,686	0,238	0,655	0,225	
МЕСМ-1	0,763	0,246	0,564	0,215	- 4,2
МЕСМ-2	0,751	0,25	0,589	0,221	- 1,4
МЕРМ	0,779	0,241	0,567	0,221	- 1,6
МЕПМ-1	0,822	0,229	0,564	0,232	+ 3,2
МЕПМ-2	0,788	0,238	0,565	0,223	- 0,8
МЕПМ-3	0,828	0,227	0,602	0,249	+ 10,9
СМ:ДТ-30:70	0,698	0,245	0,604	0,211	- 6,2

на стоимость одного кВт·ч. В противном случае использование биодизельного топлива будет экономически невыгодно по сравнению с традиционным дизельным топливом.

Возможно предположить, что полученные отличия вызваны разными составами масел и технологиями получения топлив. Поэтому желательно сравнить показатели двигателя при работе на биодизельных топливах, изготовленных из одного масла по разным технологиям и из разных масел по одной технологии.

**Список литературы:** 1. Werner Korbitz. Status and Development of Biodiesel Production and Projects in Europe // SAE Techn. Pap. Ser.- 1995. – № 952768.- p. 249-254. 2. Марченко А. П., Минак А. Ф., Семенов В. Г., Линьков О. Ю., Шпаковский В. В., Обозный С. В. Расчетно-экспериментальные исследования по оценке влияния подогрева альтернативных топлив на показатели работы дизеля. - Двигатели внутреннего сгорания// Научно-технический журнал. Харьков: НТУ «ХПИ». -2005. - № 1. – С.8-17. 3. Матиевский Д. Д., Кулманаков С. П., Лебедев С. В., Шапеев А. В. Применение топлива на основе рапсового масла в дизелях / Ползуновский вестник. Барнаул (Россия) - 2006. - № 4. - С. 118-127. 4. Bannikov M. G., Tyrlovoy S. I., Vasilev I. P. Chattha A. J. Investigation of characteristics of a fuel injection pump of a diesel engine fuelled with viscous vegetable oil-diesel oil blends // Proc. Instn. Mech. Engrs. Part D. Journal of Automobile Engineering, 2006. - vol. 270.- № 6. - pp. 787-792. 5. Zlobin V. N., Bannikov M. G., Vasilev I. P., Cherkasov J. A., Gawrilenko P. N. Potential of use of ion implantation as a means of catalyst manufacturing // Automobile Engineering. - 2002. – Vol. 216.- № D5. - P. 385-390. 6. EN 14214:2003. Топливо для автомобилей. Метилловые эфиры жирных кислот (FAME) для дизельных двигателей. Требования и методы анализа. - Европейский Комитет по стандартизации.-13 с. 7. Смайлис В., Сенчила В., Берейшине К. Моторные испытания РМЭ на высокооборотном дизеле воздушного охлаждения // Двигателестроение. - 2005.-№4 (222).- С. 45-49. 8.Патент на корисну модель 20873 Україна, С 10 L 1/08. Біодизель / Острахова О. К., Острахов А. Є., Острахов О. Є. (UA).- № u200609347; Заявлено 28.08.06; Опубл. 15.02.07. Бюл. №2.

Поступила в редколлегию 03.07.07