



## ЗНАЧЕНИЕ НА ФИЗИКО-ХИМИЧНИ ПАРАМЕТРИ НА БИОДИЗЕЛОВО ГОРИВО ВЪРХУ РАБОТАТА НА ДИЗЕЛОВ ДВИГАТЕЛ

БОРИС ЯНКОВ – АУ - ПЛОВДИВ  
 ВОЛОДИМИР БУЛГАКОВ – УААН – КИЕВ  
 ДИМИТЪР ИРИНЧЕВ – АУ - ПЛОВДИВ

## THE MEANING OF PHYSICAL AND CHEMICAL PARAMETERS OF BIOFUELS FOR DIESEL ENGINE

BORIS JANKOV – AU – PLOVDIV  
 VOLODIMIR BULGAKOV – NAAS of Ukraine  
 DIMITAR IRINCHEV – AU - PLOVDIV

### Abstract

There is analysis of physical and chemical parameters of sunflower oil as biofuel for diesel engines. It is discovered the power, specific consumption of fuel and emissions of particulate matter upon experimental diesel engine. The moment of injection of biodiesel fuel is determined in comparison with conventional fuel.

**Key words:** biofuel, diesel engine

Биодизеловото гориво е алтернативно гориво за дизелови двигатели. То има близки физико-химични качества с конвенционалното дизелово гориво. Интересът към него се основава на ограничените перспективи за използване на минерални горива и на екологичния му ефект, понеже се добива от възобновяеми растителни източници. Приложението му в България може да сведе до 7% независимостта от внос на горива за дизелови двигатели. У нас има подходящи условия за получаване на биогориво от слънчоглед и рапица. Слънчогледовото и рапичното семе съдържат до 50% масло. Тъй като слънчогледовото масло е ценна храна, като гориво за дизелови двигатели може да се отглежда върху увредени почви. Рапичното масло няма ограничения за приложение в тези двигатели.

Мощността, икономичността и токсичността на дизеловия двигател зависят в голяма степен от показателите на горивото. Затова същите се регламентират от международни стандарти. Представлява интерес използването на студенопресовано растително масло, което е с по-ниска себестойност спрямо рафинираното растително масло и конвенционалното минерално дизелово гориво.

Настоящата статия си поставя целта да анализира някои физико-химични показатели на биодизелови горива и значението им за основните ефективни и токсични показатели на дизелов двигател.

Анализът се извършва на базата на сравнението на няколко вида биодизелови горива, изпитани върху експериментален дизелов двигател, [1]. Сравнени са стандартно дизелово гориво - ДГ, стандартно рафинирано биодизелово гориво – БДГ, студено-пресовано рапично масло – СРМ и студено-пресовано високоолеиново слънчогледово масло – СВОСМ. Основните данни за тези горива са посочени в табл.1.

Табл.1. Физико-химични показатели на изследваните дизелови горива

Показател	Размерност	Метод на определяне	ДГ	БДГ	СРМ	СВОСМ
Плътност - $\rho$	kg/m <sup>3</sup>	ISO 3675	834,7	880	919,6	916,3
Кинематичен вискозитет при 40°C	mm <sup>2</sup> /s	ISO 3104	2,61	4,25	34,55	39,56
Пламна температура	°C	ISO 2719	Min 55	Min 101	230	275
Цетаново число	-	ISO 5165	57,6	Min 51	48	52,9
Край на дестилацията	°C	ISO 3405	360,8	Не се следи	Не се следи	-
Съдържание на олеинова киселина	%	-	-	-	30 - 40	60 - 70
Съдържание на линолова киселина	%	-	-	-	20	30 - 40
Калоричност - $H_u$	MJ/kg	-	43,44	-	-	36,63

Изпитваният двигател е трицилиндров дизелов двигател модел Дойц F3L912W с номинална мощност 32 kW при честота на въртене на двигателя 2250 rpm, максимален въртящ момент  $M_a = 149$  Nm при 1550 rpm, с вихрова камера и изпреварване на впръскване на горивото 23°. Двигателят е изпитан по стандартна методика в Технически университет – Дрезден, [2]. Тук се анализира един от характерните работни товарни и честотни режими на двигателя - при ефективен въртящ момент 114 Nm и честота на въртене 1550 rpm. Снетите експериментални данни са представени на фиг.1 до фиг.6.

Дизеловият двигател работи с циклично обемно подаване на горивото. Съвместното влияние на плътността на горивото и неговата калоричност върху топловносяне в цилиндъра на двигателя може да се отчете с т.н. обемна калоричност на горивото –  $q$ . Същата е изчислена с израза:

$$q = \rho \cdot H_u / 1000, \quad \text{MJ/l},$$

където  $\rho$  е плътността на горивото, kg/m<sup>3</sup>

$H_u$  - долната калоричност, MJ/kg

Специфичният обем на гориво -  $v_e$ , съответстващ на  $g_e$  е изчислен като се отчита обемната плътност на съответното гориво –  $\rho$ :

$$v_e = g_e \cdot \rho, \quad \text{l/kWh}$$



Специфичното топлинасяне в двигателя -  $q_e$  е пресметнато въз основа на калоричността на горивата -  $H_i$ :

$$q_e = g_e \cdot H_i, \text{ MJ/kWh}$$

Основна съставка на СВОСМ ( 60 - 70 % ) е ненаситена олеинова мастна киселина. Нейната обща химическа формула е  $C_{18}H_{34}O_2$ . Молекулната ѝ маса е 285,45. СРМ има съдържание на олеинова киселина около 45%. В нея имат по-голям дял ненаситените мастни киселини - линолова и линоленова. Те са съответно с обща химическа формула -  $C_{18}H_{32}O_2$  и  $C_{18}H_{30}O_2$  и молекулни маси - 280,44 и 278,42 , [3]. От химическите формули се вижда, че олеиновата киселина е с най-голям относителен масов дял на водорода. Затова нейната масова калоричност е най-голяма. Изчислена по емпиричната формула на Д.Менделеев, тя е 36,12 MJ/ kg , около 0,6 % по-голяма от тази на линоловата киселина и 1,2 % - от тази на линоленовата киселина. Спрямо ДГ ( 43,44 MJ/ kg ), тя е чувствително по-малка, с около 20%. Това се отразява върху разхода на гориво на двигателя.

Плътността на горивото оказва влияние върху продължителността на подаване на цикловото количество гориво в цилиндъра на двигателя, съответно - върху ъгъла от завъртане на колянвия вал на двигателя за пълното изпръскване на горивото. Колкото по-голяма е плътността, при равни други условия, толкова по-кратко е времето за подаване на цикловото гориво. В такъв случай, горивото изгаря по-близо до г.м.т. на двигателя и ефективността от горенето е по-добра. Съгласно Табл.1, СВОСМ и СРМ имат по-голяма плътност при 15°C спрямо ДГ и следователно могат да се изпръскват в цилиндъра на двигателя за по-кратко време.

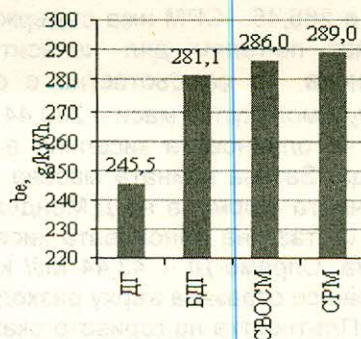
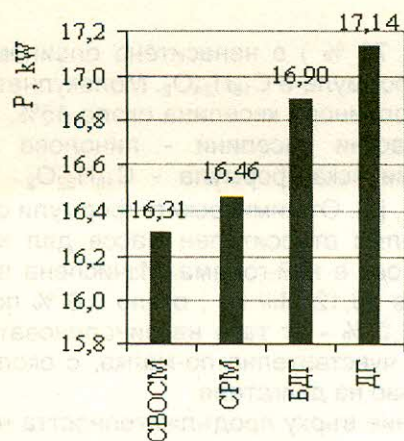
Между стойностите на плътността и кинематичния вискозитет на разглежданите горива има в известна степен права пропорционалност. Кинематичният вискозитет има значение за качеството на разпръскване на горивото. При по-високи стойности е по-малка скоростта на изтичане на горивото от разпръскващите отвори на горивните дюзи и е по-голям размерът на горивните капки (по-ниска е стойността на числото на Рейнолдс). Следователно качеството на разпръскване на горивото, при по-голям вискозитет, е по-лошо. От друга страна обаче, далекобойността на горивния факел в горивната камера е по-голяма, което има противоречиво значение за горивния процес. От Табл.1 се вижда, че при 40°C вискозитетът на съпоставяните горива се различава. Може да се смята, че при по-високата температура - от порядъка на 200 - 300°C в гориворазпръскващите дюзи - техният вискозитет се изравнява.

Между температурата на кипене на горивото и пламната му температура също има пропорционална връзка. От Табл.1 се вижда, че с най-висока температура на кипене и с най-висока пламна температура е СВОСМ. Най-ниска е пламната температура на ДГ - min 55°C. Това за ДГ е благоприятно за процеса горене, защото предполага лесно запалване в цилиндъра на двигателя и къс индукционен период.

Пламната температура има корелация със склонността на горивото към самовъзпламеняване, т.е. с неговото цетаново число. Изпитваното ДГ е с най-голямо цетаново число - 57,6. Това предполага мека работа на



двигателя. Минималната стандартна стойност на цетановото число за ДГ е 45, а за БДГ – 51.



Фиг.1. Ефективна мощност      Фиг.2. Специфичен ефективен разходна гориво

От фиг.1 се вижда, че най-висока ефективна мощност  $P_e$  за изпитаните горива и анализирания работен режим, двигателят има с ДГ - 17,14 kW. Сравнено с мощността при използване на СВОСМ - 16,31 kW, тя е с 5,1% по-голяма.

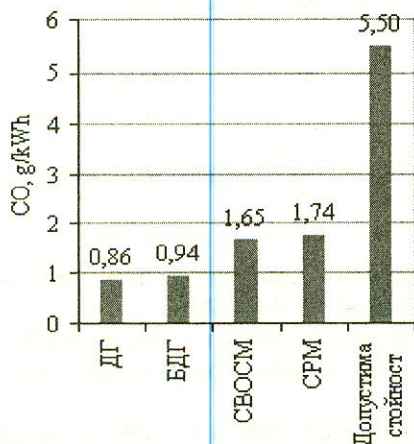
Специфичният разход на гориво  $g_e$  при същия работен режим е най-малък за ДГ, равен на 245,5 g/kWh; следва БДГ - 281,1g/kWh, СВОСМ - 286,0 g/kWh и СРМ - 289,0 g/kWh. Той е по-малък спрямо СВОСМ с 16,5%, а спрямо СРМ със 17,7%.

В Табл.2 са представени изчислените сравнителни данни. Обемната калоричност  $q$  ( MJ/l ) на БДГ и СРМ не е нанесена; тя е близка до тази на СВОСМ. От таблицата се вижда, че ДГ има по-голяма обемна калоричност - 36,2 MJ/ l спрямо СВОСМ -33,3 MJ/ l, поради което топлопонасянето с ДГ става за по-кратко време и близо около г.м.т. на двигателя.

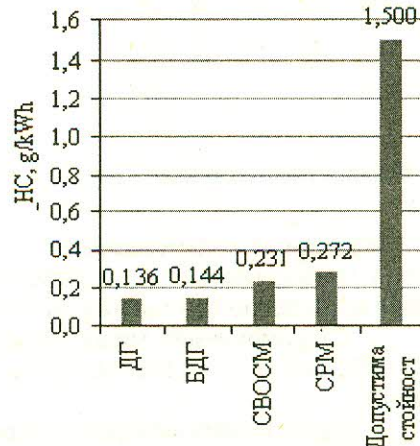
Табл.2. Сравнителни експериментални данни за дизеловите горива

Параметър	Размерност	ДГ	БДГ	СРМ	СВОСМ
Обемна калоричност - $q$	MJ/ l	36,2	-	-	33,3
Специфичен обем - $v$	l/kg	1,20	1,14	1,08	1,09
Специфичен масов разход на гориво - $g_e$	kg/kWh	0,2455	0,2811	0,2890	0,2860
Специфичен обемнен разход на гориво - $v_e$	l/kWh	0,294	0,321	0,312	0,312
Специфично топлопонасяне в двигателя - $q_e$	MJ/kWh	10,6	-	-	10,55

Специфичният обемен разход на гориво  $v_e$  е най-малък при ДГ. Той е с 6% по-малък от СВОСМ. Това означава, че цикловото подаване на СВОСМ в двигателя става съответно с около 6% по-дълъг период. При това, подаването на СВОСМ в горивната камера става по-дълго, по линия на разширение на изгорелите газове, с по-малка топлинна ефективност, което не позволява да се увеличи цикловото подаване, а от там и ефективната мощност на двигателя -  $P_e$ . Би могло да се предположи, че ако изпреварването на впръскване е повече от  $23^\circ$ , увеличена циклова доза СВОСМ ще увеличи ефективната мощност  $P_e$ .



Фиг.3. Въглероден оксид



Фиг.4. Въглеводороди

Специфичното топлинно състояние на гориво в двигателя  $q_e$  при използване на ДГ и на СВОСМ е практически еднакво – 10,60 MJ/kWh и 10,55 MJ/kWh. Съответно с тези две горива, индикаторният к.п.д. на двигателя е един и същ, т.е. двигателят е с еднаква икономичност.

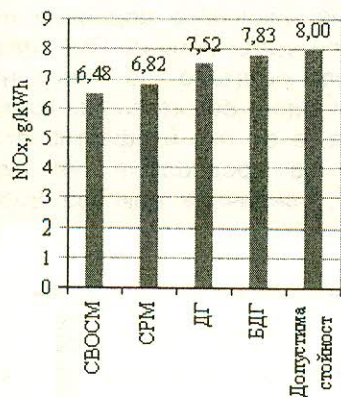
Съгласно фиг.3, най-малко количество CO – 0,86 g/kWh изхвърля двигателят при използване на ДГ. Това може да се обясни с по-финото разпръскване на ДГ в горивната камера и по-ранното му, и пълно изгаряне след момента на подаване. Същото се отнася и до изхвърляните неизгорели въглеводороди ( фиг.4 ).

При използване на ДГ и БДГ, образуваните азотни окиси  $NO_x$  ( фиг.5) са повече спрямо СВОСМ и СРМ. Това се обяснява с по-високата температура, която се развива в горивната камера с ДГ и БДГ, при положение около г.м.т. на двигателя.

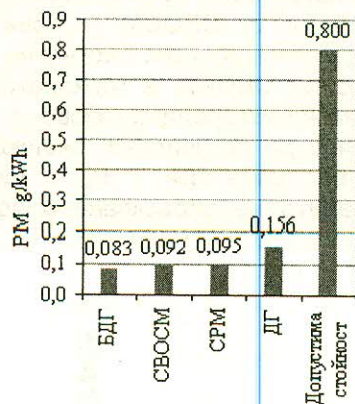
Изхвърляните сажди и частици РМ ( фиг.6 ) при ДГ е незначително по-голямо спрямо разглежданите горива.

Както се вижда от фиг.3 до фиг.6, излъчваните вредни вещества са в границите на стандартните допустими стойности.





Фиг.5. Азотни оксиди



Фиг.6. Сажди и частици

#### Изводи от изследването:

1. Икономичността на работа на дизеловия двигател с изпитваните горива е еднаква по отношение на топлоизползването, (MJ/kWh).
2. Специфичният масов разход на гориво, (g/kWh) на растителното масло СВОСМ е с 16,5% по-голям от този на конвенционално дизелово гориво ДГ.
3. Ефективната мощност на двигателя със СВОСМ е с 5,1% по-ниска от тази с ДГ за анализирания работен режим.
4. Токсичните газове, отделяни при изгарянето на изследваните горива са в границите на допустимите норми.
5. Предполага се, че ефективната мощност на двигателя при използване на растителни масла СВОСМ и СРМ може да се повиши, като се увеличи изпреварването на подаване на горивото, повече от 23°. При това, обаче, следствие на увеличаване на максималната температура на горене в цилиндъра на двигателя, количеството на изхвърляните азотни оксиди може да се увеличи.

#### Литература

1. Евтимова М. М., Възможности за използване на слънчогледово масло като алтернативно гориво в дизелови двигатели в България, Автореферат на дисертация, София, 2006.
2. Евтимова М. М. , E.Vach, H. Krause, D. C. Стоянов, B. A. Дамянов. Сравнителен анализ на характеристиките на дизелов двигател с непосредствено впръскване при работа с конвенционално гориво и със слънчогледово масло. Осма научно-техническа конференция Еко-Варна, Варна, Май, 2002.
3. Арутюнян Н. и др., Рафинация масел и жиров, ГИОРД, Санкт Петербург, 2004.
4. Тютюнников Б.Н., Хиemia жиров, Пищевая промышленность, Москва, 1966.