

FRI-2.206-1-TMS-14

IMPROVEMENT OF THE PARAMETERS OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES WHEN WORKING WITH BIODIESEL FUEL¹⁴

Assoc. Prof. Atanas L. Iliev, PhD

Department of Engines and transport technology

“Angel Kanchev” University of Ruse

Phone: 082-888 273

E-mail: ailiev@uni-ruse.bg

***Abstract:** Ever since the first oil crisis in 1973-1974, it has become clear to humanity that one cannot rely only on oil as a source of fuel for the transport sector. Although biofuels are still seen as an alternative, their use is necessitated by the ever-increasing prices of fossil fuels and their imminent depletion, as well as by global goals to reduce greenhouse gas emissions and protect the environment. Nowadays, the question is no longer whether biofuels should be used in internal combustion engines, but what structural changes should be made in the engines so that when working with them, the best possible performance, economic and environmental performance can be achieved.*

Unlike conventional diesel fuel, biofuels have a high O₂ content in their molecule. This leads to an increase in the air ratio in the over-enriched combustion zone, as a result of which the rate of soot formation is reduced. With an increase in the proportion of oxygen in the fuel, the duration of the self-ignition retention period increases and the rate of heat release increases during the period of rapid combustion, as a result of which the concentration of NOX in the exhaust gases increases.

Keywords: Improvement, ICS, Biodiesel Fuel

JEL Codes: L10, L11

ВЪВЕДЕНИЕ

Използването на биогорива не е изобретение на 21 век. Растителните масла са използвани още от самото създаване на двигателите с вътрешно горене. Разработват се двигатели, които да могат да работят с такива продукти. Произвеждат се и се продават горива на растителна основа, примесени с петрол. На Парижкото изложение през 1900 година е показан дизелов двигател, работещ с нефт или растително масло. Рудолф Дизел пише: “Използването на растителното масло за гориво днес може да не е от голямо значение. Но продуктите от този вид могат с течение на времето да станат също така важни, както и петрола в днешно време”.

Петролната криза от 1973-1974 и след 2021 година показва, че не може да се разчита само на петрола като гориво за транспортните средства. Биогоривата са „реална“ алтернатива на изкопаемите горива. Повишаващите се цени на изкопаемите горива, тяхната ограниченост и общите цели за намаляване на количеството на парникови газове и опазване на околната среда, определят биогоривата като горива на бъдещето. Получават се чрез обработка на биомаса - възобновяем източник. Биогоривата могат да се използват директно в транспортния отрасъл. Основна цел е до 2025г. 25% от конвенционалните горива да бъдат заменени с “нови енергийни източници” - биогорива, природна газ, водород, получени по екологично чист начин.

Днес основният въпрос не е дали е удачно да се използват биогорива в двигателите с вътрешно горене (ДВГ), а как да се оптимизира работата на двигателя при работа с биогорива, така че да се получат възможно най-добри мощностни, икономически и екологични показатели.

¹⁴ Докладът е представен на пленарната сесия на 27 октомври 2016 с оригинално заглавие на български език: “ПОДОБРЯВАНЕ НА ПАРАМЕТРИТЕ НА ДВИГАТЕЛИ С ВЪТРЕШНО ГОРЕНЕ ПРИ РАБОТА С БИОДИЗЕЛОВО ГОРИВО”

Наред с положителните си свойства, биогоривата имат и някои негативни страни: изтощаване на почвите, отделяне на повече азот, изсичане на полезните гори, негативен енергиен баланс при производството им и др.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Биогоривата, получени от зърнени култури и друг органичен материал, имат няколко предимства - спомогнат за понижаване на емисиите от въглероден двуокис (CO₂) от транспорта, съгласно приетите ангажименти от ЕС по протокола от Киото. Намаленията на зависимостта на транспорта от нефта, подпомагат и за разнообразяването на различните видове горива и подобряват сигурността на доставките. Наравно с това, те могат са и алтернативни източници на доходи в селските райони на ЕС.

Директива 30 на ЕС от 2003г. за биогоривата има за цел значително да се повиши използването на алтернативни горива в транспорта, в частност в сухопътния. В чл.3 ал.1 от директивата е написано: “Държавите-членки са задължени да осигурят предлагането на техните пазари на минимален дял биогорива и на горива от други възобновяеми енергийни източници, като за тази цел определят национални индикативни цели. Справочната стойност за тези цели ще бъде 5,75%, изчислени въз основа на енергийния обем на всички петрол и дизел за транспортни цели, предлаган на техните пазари, към 31 декември 2010 година.”

В зависимост от избраните възможности, емисиите на CO₂ от производството на горива от земеделие могат да нараснат и производството на култури за биогориво може да окаже въздействие върху биоразнообразието на обработваемата земя. Страничните ефекти трябва да се отчитат при оценяването на изгодите от опазването на околната среда за обществото като цяло. Европейската директива за биогоривата оказва съществено влияние върху търсенето на зърнени култури в Европа - маслодайни култури като рапично семе, слънчоглед (прекомерното му производство за биогориво води до повишаване на цената на слънчогледовото масло за населението – в началото на 2022 г. с 50%!) и соя за биодизелово гориво, зърнени култури, съдържащи нишесте, като пшеница и захарно цвекло, суровина за биоетанол, частичен заместител на бензина. Цените и потреблението на храни в Европа и по света показват, че на увеличеното търсене на биогорива може частично да се отговори, като се намали производството на храни от зърнените култури за биогорива.

За нуждите на експериментите са използвани чисто дизелово гориво и три вида биодизелови горива, произведени в България съответно от:

- слънчогледово масло – БДГ 1;
- рапично масло – БДГ 2;
- смес от рапично и слънчогледово масло – БДГ 3.

Данните за горивата са дадени в таблицата

	Параметър	Резултати		
		БДГ 1	БДГ 2	БДГ 3
1	Плътност при 15°C, kg/m ³	886,10	884,7	883,2
2	Кинематичен вискозитет при 40°C, mm ² /s	4,43	4,36	4,16
3	Пламна температура, °C	180	178	162
4	Съдържание на кокс, %	0,67	0,53	0,14
5	Съдържание на вода, %	0,10	0,28	0,09
6	Цетанов индекс	55	60	59
7	Гранична температура на филтруемост (ГТФ), °C	-7	-9	-12

Опитната част е извършена съгласно методиките на стендовете за изпитване на ДВГ е кат. ДТТ (двигател XUD11ATEP8A). Грешките са в съответствие с методиката.

За по-пълно оценяване на получените резултати, са проведени предварителни опити с трите горива. На базата на резултатите, е определено, че гориво с № 3 е най-добре да се използва за същинското изследване (най-близко до чистото дизелово гориво).

Планирането на експерименталните изследвания е важно, за да може с минимум опити да се получат адекватни резултати. Необходимо е предварително да се определят факторите, начинът на получаване на данните от експеримента и тяхната обработка.

Съвременните изследвания на процесите са свързани не само с изследване на влиянието на отделните фактори, но и с решаването на оптимизационна задача.

За целите на изследването е използван рототабелен централно-композиционен план от 2^{ра} степен с 3 фактора.

Факторите, нивата им на изменение и „звездните точки“ са дадени в таблицата.

Планиране на Експеримента.Използване на Биодизелово гориво							
Фактори: x1 - честота на въртене n, min ⁻¹ ; x2 - натоварване Me, kgf.m; x3 - съдържание на Биогориво, %;							
Факт.	Размах Δ	Звездна Точка -α	Долно ниво	Основно ниво	Горно ниво	Звездна Точка +α	α
x1	450	1443	1750	2200	2650	2957	1,682
x2	2,5	0,80	2,5	5	7,5	9,20	1,682
x3	4	0,77	3,5	7,5	11,5	14,23	1,682

Резултатите, получени от експериментите, са дадени в таблицата.

Провеждане на експеримента (Рототабелно планиране от 2-ри ред)											
№	Серия	x1	x2	x3	CO2	NOx	D,%	D, m-1	Ne	ge	ηe
1	Nx	1750	2,5	3,5	5,80	160	25,7	0,69	4,49	410	0,207
2		2650	2,5	3,5	6,80	188	26,3	0,71	6,80	442	0,192
3		1750	7,5	3,5	4,70	130	30,7	0,87	13,48	257	0,329
4		2650	7,5	3,5	6,60	235	34,8	0,95	20,41	298	0,284
5		1750	2,5	11,5	6,00	90	29,3	0,80	4,49	440	0,192
6		2650	2,5	11,5	4,00	166	29,7	0,81	6,80	472	0,179
7		1750	7,5	11,5	6,30	133	34,4	1,06	13,48	290	0,292
8		2650	7,5	11,5	5,10	245	35,9	1,13	20,41	322	0,263
9	Nα	1440	5,0	7,5	5,80	139	32,8	0,93	7,40	327	0,259
10		2960	5,0	7,5	6,00	285	36,1	1,05	15,20	391	0,217
11		2200	0,8	7,5	0,70	72	33,1	0,93	1,81	540	0,157
12		2200	9,2	7,5	1,00	133	41,1	1,28	20,79	293	0,290
13		2200	5,0	0,0	11,00	187	24,6	0,65	11,30	295	0,287
14		2200	5,0	15,0	10,00	168	32,8	0,93	11,30	342	0,248
15	N0	2200	5,0	7,5	5,41	230	35,4	0,99	11,30	341	0,248
16		2200	5,0	7,5	5,15	222	34,6	0,93	11,30	350	0,242
17		2200	5,0	7,5	5,28	216	33,6	0,96	11,30	345	0,246
18		2200	5,0	7,5	5,18	221	33,1	0,94	11,30	348	0,243
19		2200	5,0	7,5	5,46	218	32,9	0,93	11,30	345	0,246
20		2200	5,0	7,5	5,14	224	34,2	0,97	11,30	351	0,241

Получаването на уравненията е по утвърдените методики. За онагледяване ще приведем пример с определяне на регресионното уравнение от 2^{-ри} ред, свързващо входящите фактори и изходящата величина, в случая NO_x.

Провеждане на експеримента (Рототабелно планиране от 2-ри ред) (NO _x)													
№	Сер.	x1	x2	x3,%	x0	x12	x13	x23	x11	x22	x33	Nox	NOx'
1	N _x	-1	-1	-1	1	1	1	1	1,000	1,000	1,000	160	151
2		1	-1	-1	1	-1	-1	1	1,000	1,000	1,000	188	192
3		-1	1	-1	1	-1	1	-1	1,000	1,000	1,000	130	131
4		1	1	-1	1	1	-1	-1	1,000	1,000	1,000	235	229
5		-1	-1	1	1	1	-1	-1	1,000	1,000	1,000	90	94
6		1	-1	1	1	-1	1	-1	1,000	1,000	1,000	166	163
7		-1	1	1	1	-1	-1	1	1,000	1,000	1,000	133	128
8		1	1	1	1	1	1	1	1,000	1,000	1,000	245	253
9	N _α	-1,682	0	0	1	0	0	0	2,829	0,000	0,000	139	147
10		1,682	0	0	1	0	0	0	2,829	0,000	0,000	285	287
11		0	-1,682	0	1	0	0	0	0,000	2,829	0,000	72	76
12		0	1,682	0	1	0	0	0	0,000	2,829	0,000	133	136
13		0	0	-1,682	1	0	0	0	0,000	0,000	2,829	187	202
14		0	0	1,682	1	0	0	0	0,000	0,000	2,829	168	174
15	N ₀	0	0	0	1	0	0	0	0,000	0,000	0,000	230	217
16		0	0	0	1	0	0	0	0,000	0,000	0,000	222	217
17		0	0	0	1	0	0	0	0,000	0,000	0,000	216	217
18		0	0	0	1	0	0	0	0,000	0,000	0,000	221	217
19		0	0	0	1	0	0	0	0,000	0,000	0,000	218	217
20		0	0	0	1	0	0	0	0,000	0,000	0,000	224	217

Произведение от факторите и отклика												
№	Серия	x1.y	x2.y	x3.y	x0.y	x12.y	x13.y	x23.y	x11.y	x22.y	x33.y	
1	N _x	-160	-160	-160	160	160	160	160	50,734	51	50,7	
2		188	-188	-188	188	-188	-188	188	59,612	60	59,6	
3		-130	130	-130	130	-130	130	-130	41,221	41	41,2	
4		235	235	-235	235	235	-235	-235	74,516	75	74,5	
5		-90	-90	90	90	90	-90	-90	28,538	29	28,5	
6		166	-166	166	166	-166	166	-166	52,637	53	52,6	
7		-133	133	133	133	-133	-133	133	42,173	42	42,2	
8		245	245	245	245	245	245	245	77,686	78	77,7	
9	N _α	-233,8	0	0	139	0	0	0	298,32	-95	-94,9	
10		479,37	0	0	285	0	0	0	611,67	-195	-195	
11		0	-121,1	0	72	0	0	0	-49,17	155	-49,2	
12		0	223,706	0	133	0	0	0	-90,83	285	-90,8	
13		0	0	-314,534	187	0	0	0	-127,7	-128	401	
14		0	0	282,576	168	0	0	0	-114,7	-115	361	
15	N ₀	0	0	0	230	0	0	0	-157,1	-157	-157	
16		0	0	0	222	0	0	0	-151,6	-152	-152	
17		0	0	0	216	0	0	0	-147,5	-148	-148	
18		0	0	0	221	0	0	0	-150,9	-151	-151	
19		0	0	0	218	0	0	0	-148,9	-149	-149	
20		0	0	0	224	0	0	0	-153	-153	-153	

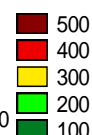
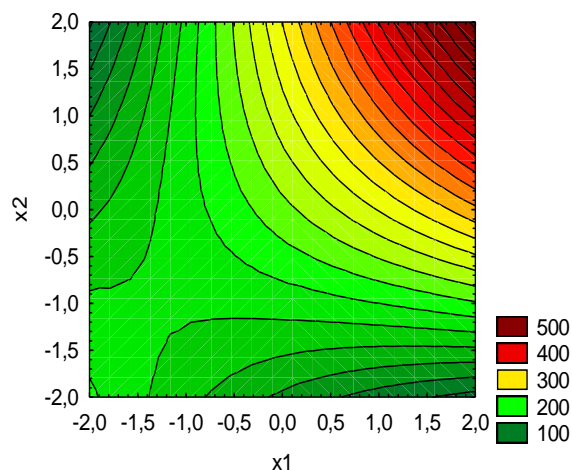
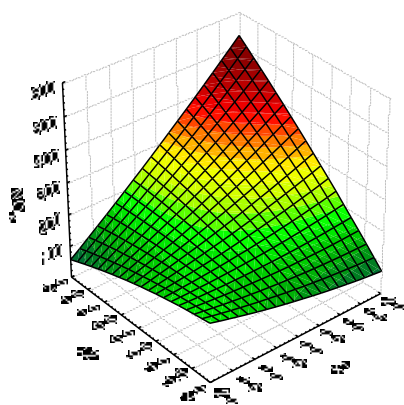
Сума:	566,572	241,602	-110,958	3662	113	55	105	45,723	-574	-149
-------	---------	---------	----------	------	-----	----	-----	--------	------	------

Коефициенти на регресионното уравнение										
Коефициент	b0	b1	b2	b3	b12	b13	b23	b11	b22	b33
Стойност	183,1	41,482	17,689	-8,124	14,13	6,875	13	3,11	-39,09	-10,18
Оценка по Стюдънт на значимостта на коефициентите										
S ²	1,2083	1,7694	1,7694	1,769	3,021	3,021	3	1,65	1,646	1,646
S	1,0992	1,3302	1,3302	1,33	1,738	1,738	1,7	1,28	1,283	1,283
tbi	166,57	31,185	13,298	-6,107	8,127	3,956	7,6	2,43	-30,47	-7,936
Значими коефициенти на регресионното уравнение bi >tbi0										
	b0	b1	b2	b3	b12	b13	b23	b11	b22	b33
	183,1	41,482	17,689	-8,124	14,13	6,875	13	0	-39,09	-10,18

1. След съответните елементарни преобразувания, видът на регресионното уравнение за NO_x има следния вид:

$$NO_x, \% = 183,1 + 41,82 \cdot x_1 + 17,69 \cdot x_2 - 8,12 \cdot x_3 + 14,13 \cdot x_1 \cdot x_2 + 6,88 \cdot x_1 \cdot x_3 + 13,13 \cdot x_2 \cdot x_3 - 39,09 \cdot x_2^2 - 10,18 \cdot x_3^2.$$

2. Графичното представяне на уравнението е:



Фиг. 1. Повърхнина на отклика NO_x=f(x₁,x₂)

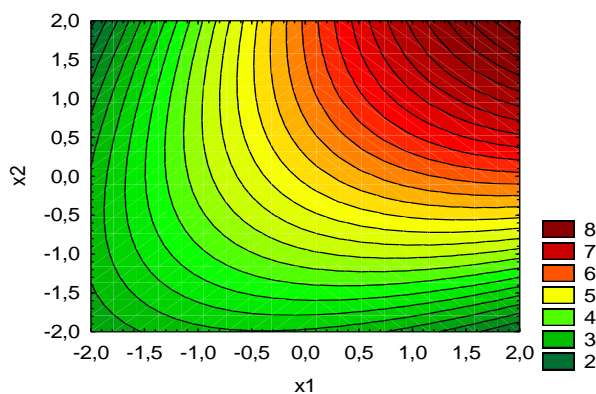
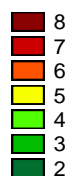
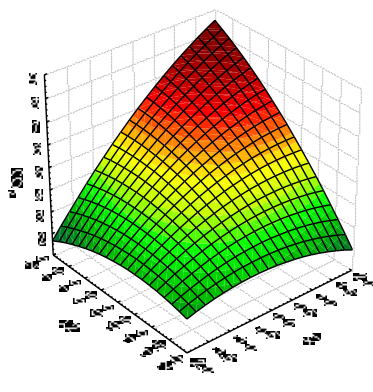
Фиг. 2. Линии на еднакъв отклик NO_x=f(x₁,x₂)

За другия важен екологичен параметър, съдържанието на CO₂ в отработилите газове, се получават следните резултати:

1. Регресионното уравнение има следния вид (2):

$$CO_2, \% = 5,571 - 0,306 \cdot x_3 + 0,213 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,763 \cdot x_1 \cdot x_3 + 0,338 \cdot x_2 \cdot x_3 + 0,177 \cdot x_1^2 - 1,77 \cdot x_2^2 + 1,95 \cdot x_3^2$$

2. Графичното представяне на уравнението е:



Фиг. 3. Повърхнина на отклика NO_x=f(x₁,x₂)

Фиг. 4. Линии на еднакъв отклик NO_x=f(x₁,x₂)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализът на състава на трите вида биодизелови горива, (от рапица, слънчоглед и смес от рапица и слънчоглед) показва, че свойствата им не се различават особено от на чистото дизелово гориво.

2. При увеличаване на съдържанието на добавките, ефективният КПД намалява и е по-нисък от този на дизеловото гориво с до 12÷15%. При еднакво съдържание на различните добавки най-висок е ефективният КПД на биогориво, смес от слънчоглед и рапица.

3. Общото количество на CO₂ нараства с до 10%. Въпреки това, общо емисиите намаляват, поради усвояването му по време на растежа на културите, използвани за производството на добавките.

4. Увеличаването на съдържанието на биодобавките води до увеличаване на NO_x с до 10%, като причина за това е повишеното съдържание на кислород.

5. При увеличаване на съдържанието на биогорива, димността намалява с до 17%.

6. Използването на биогорива намалява употребата на изкопаеми енергийни източници и парниковите газове.

7. Засяването на селскостопански площи с маслодайни растения намалява замята, служеща за изхранване на населението, което в определени случаи може да доведе до проблеми! Използването на слънчогледа са биодобавки, намалява количеството му за битови цели (безумните цени на олиото в началото на 2022 г.). С цел повишаване на добивите се ползват генномодифицирани сортове, пръскани и торени със специални препарати; след тях практически е много трудно нещо да вирее, ако и то не е модифицирано!

8. Ако не са „политическите“ решения, то докато има петрол, биодобавките биха били лишени от всякакъв смисъл!

REFERENCES

Пиев А., М. Иванова, Е. Маринов, С. Пенчев (2013). Using a multifactorial planned experiment to optimize diesel engine performance with different bioblends. NTK, Transport, ecology - sustainable development, Eco Varna;

Ivanova M., E. Marinov (2008). Biodiesel as an alternative fuel. Scientific works of Ruse University - 2008, volume 47, series 4, Print base of Ruse University, pp. 21-25, ISBN 1311-3321.

Ivanova M., E. Marinov (2009). Investigation of fuel consumption in different agricultural operations and different percentage of biodiesel fuel. Scientific works of Ruse University - 2009, volume 48, series 4, Print base of Ruse University, pp. 63-64, ISBN 1311-3321

Ivanova M. - Marinov E (2010). Comparative analysis of the physico-chemical properties of biofuels. Quality and reliability of technical systems. Nitra, pages 333-336, ISBN 978-80-552-0390-4

A. Dimitrov, D. Irinchev, Investigation of the dispersion of vegetable oil with a nozzle for a diesel engine, ECO Varna, 1999, ISBN 954-20-000-30, p.335-338.

Пиев С, (2020) A Study of Effect of Biodiesel on the Performance and emissions of a Common-rail Diesel Engine, 2020 12th Electrical Engineering Faculty Conference (Bulef), pp. 1-4.

Пиев С, Митев Е. (2019) Influence of biodiesel on compression ignition engine performance, Proceedings of the 30th DAAAM International Symposium, pp.0424-0431

Kirilov, K., Biodiesel in Bulgaria and Europe, Technical University Yearbook - Varna, 2007.

И с големи благодарност към:

The study was supported by project of University of Ruse “Angel Kanchev”, No 2022-ФТ-03 “Improving the methods for diagnostics of engine and vehicle control systems”

Изследванията са подкрепени по договор на Русенски университет "Ангел Кънчев" с No 2022-ФТ-03 "Усъвършенстване на методите за диагностика на системите за управление на двигателите и транспортните средства"