

FRI-2.209-2-TMS-02

STUDY OF WORKING PROCESS OF DIESEL ENGINE WHEN WORKING WITH ADDITION OF ALCOHOL⁵

Eng. Velichka Georgieva, PhD student

Department of Transport Engineering and Technologies,
Technical University of Varna, Bulgaria
Tel.: +359 52 383 464
E-mail: velichka.r.georgieva@abv.bg

Eng. Daniel Kostadinov, PhD student

Department of Transport Engineering and Technologies,
Technical University of Varna, Bulgaria
Tel.: +359 52 383 464
E-mail: danny.kostadinov@gmail.com

Assoc. Prof., Krasimir Bogdanov, PhD

Department of Transport Engineering and Technologies,
Technical University of Varna, Bulgaria
Tel.: +359 52 383 321

***Abstract:** The report presents a theoretical study, allowing the calculation and analysis of the parameters of the working process in diesel internal combustion engine with volumetric mixing when working with mixtures of diesel with n-pentanol. The calculations used a mathematical model to calculate the basic parameters of the work process based on the change in pressure in the cylinder. Theoretical calculations have been made to optimize the combustion process for a specific engine under these conditions. An in-depth study has been done on the characteristics of different alcohols used in work process modelling.*

***Keywords:** Mathematical model, diesel, alcohol, fuels*

ВЪВЕДЕНИЕ

Дизеловият двигател се използва в различни сектори като автомобилен транспорт, машинно приложение на тежката промишленост, селскостопанска техника и морски транспорт. Въпреки това, дизеловото гориво е невъзобновяемо изкопаемо гориво, което ще продължи да се изчерпва с течение на времето в резултат на прекомерното му производство и използване. Освен това емисиите на отработени газове от изгарянето на дизелово гориво допринасят за различни проблеми, свързани с човешкото здраве и околната среда. Забавянето на процеса на изчерпване на дизеловото гориво, както и намаляването на вредните емисии, може да бъде подпомогнато чрез използването на гориво-алкохолни смеси.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Алкохолите се разглеждат като подходящи кислородни добавки за смесване с дизелово гориво. Въпреки че метанолът и етанолът имат много високо съдържание на кислород, полярностите им са твърде високи, за да бъдат разтворими с дизелово гориво, а енергийната им плътност е твърде ниска, за да се запази текущият пробег.

Сб или по-дългите алкохоли имат високи цетанови числа, процентно по-малко кислород и потенциалният ефект върху намаляването на емисиите на сажди или РМ не е

⁵ Presented a report on November 13, 2020 with the original title: ИЗСЛЕДВАНЕ РАБОТНИЯ ПРОЦЕС НА ДИЗЕЛОВ ДВИГАТЕЛ ПРИ ДОБАВЯНЕ НА АЛКОХОЛ КЪМ ДИЗЕЛОВОТО ГОРИВО

очевиден. Съответно, алкохолите C3~C5 обикновено се използват като смесено гориво за дизелово гориво. Бутанолът като потенциално биогориво от второ поколение е много конкурентен алкохол, който се прилага в дизеловите двигатели и става популярен напоследък. Смесването на дизелово гориво с бутанол може да подобри пулверизацията на горивото, да оптимизира смесването на горивото и въздуха, да забави запалването, да ускори горенето и да ограничи образуването на сажди.

Нискотемпературната реактивност е необходима за samozапалване при дизелови двигатели. С оглед подобряване на нискотемпературната реактивност, n-пентанолът може да бъде най-подходящата алкохолна добавка за дизелово гориво. Добавянето на n-пентанол в дизеловото гориво може да подобри изгарянето и да намали емисиите на вредни газове.

Таблица 1. Характеристики на дизелово гориво, n-пентанол, етанол

Параметър	Дименсия	Дизелово гориво	n-пентанол	Етанол
Цетаново число	-	51	20	8
Специфична топлина на изгаряне	kJ/kg	42 300	34 650	26 830
Плътност	kg/m ³	830	814	788
Вискозитет	mm ² .s ⁻¹	2,86	2,88	1,13
Скрита топлина на изпарение	kJ.kg ⁻¹	250-290	308	918
Пламна температура	К	344	322	287
Точка на кипене	К	483-508	411	352
C/H масово отн.	-	6,46	4,96	3,97
Съдържание на O ₂	wt.%	0	18,1	34,7
Съдържание на сяра	mg.kg ⁻¹	<10	0	0

За да се определи оптималното количество n-пентанол за дизелово-алкохолна смес са направени пресмятания, чрез софтуерния продукт Diesel-RK. Софтуерът Diesel-RK използва многозонов термодинамичен модел, базиран на модела на смесобразуване и горене на Разлейцев, добавен и разработен от Кулешов (известен като модел Разлейцев-Кулешов или RK модел). Моделът RK взема предвид параметрите, засягащи процеса на смесобразуване и изгаряне в дизелови двигатели, като закон за подаване на гориво, форма на горивната камера, форма и разпределение на струята, вид и интензитет на завихряне в цилиндъра, въздействието на горивната струя с повърхността на горивната камера, взаимодействието между съседни пръскания.

Топлинните процеси в цилиндъра на двигателя се пресмятат чрез формулата на Вибе. Пресмятането на параметрите на работното вещество (налягане, температура, състав) се извършва по време на целия работен цикъл.

Основните параметри, които са необходими са: диаметър на цилиндъра, ход на буталото, номинална честота на въртене, степен на сгъстяване.

Всички входни данни необходими на програмата са измерени от реален двигател използван при експерименталните изследвания или са взети от техническата спецификация на двигателя.

Торетичните пресмятания са направени за номинален режим на работа на двигателя: работен обем – 3,9 dm³; номинална честота на въртене – 2500 min⁻¹, степен на сгъстяване -16; топлина на изгаряне на сумарното количество гориво за цикъл – 1,814 kJ, начало на впръскване 20° к.в. налягане на околната среда – 0,1 Мра, температура на околната среда – 288 К.

За получаване на сравними резултати, при изчисленията се приема, че подаваме еднакво количество внесена с горивото енергия.

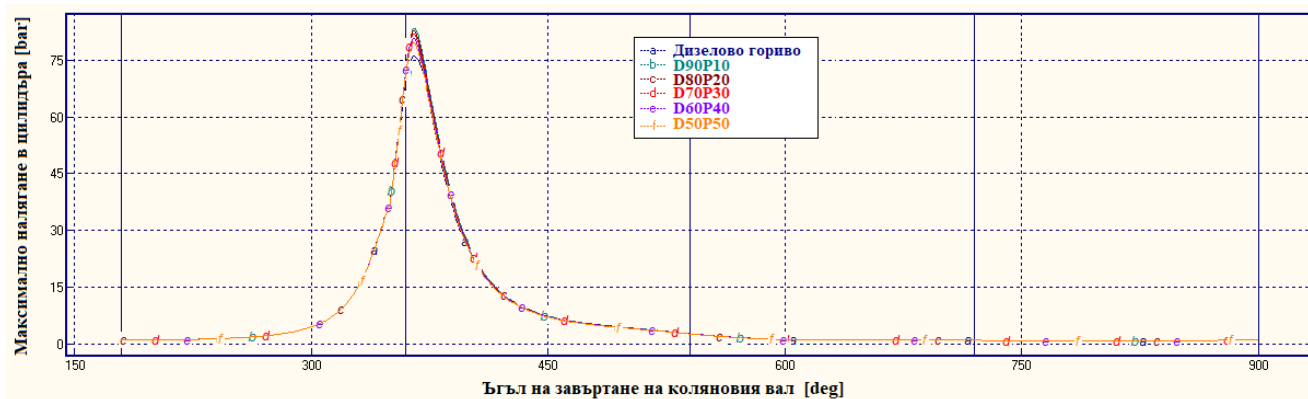
Пресмятанията са направени със дизелово гориво и смеси на дизелово гориво и п-пентанол. С D90P10 е означена смес от дизелово гориво(90%) и п-pentanol (10%), съответно D80P20 - дизелово гориво (80%) и п-pentanol (20%). Данни за използваните смеси са показани в Таблица 2, а резултатите от пресмятанията са показани в Таблица 3.

Таблица 2. Характеристики на горивните смеси

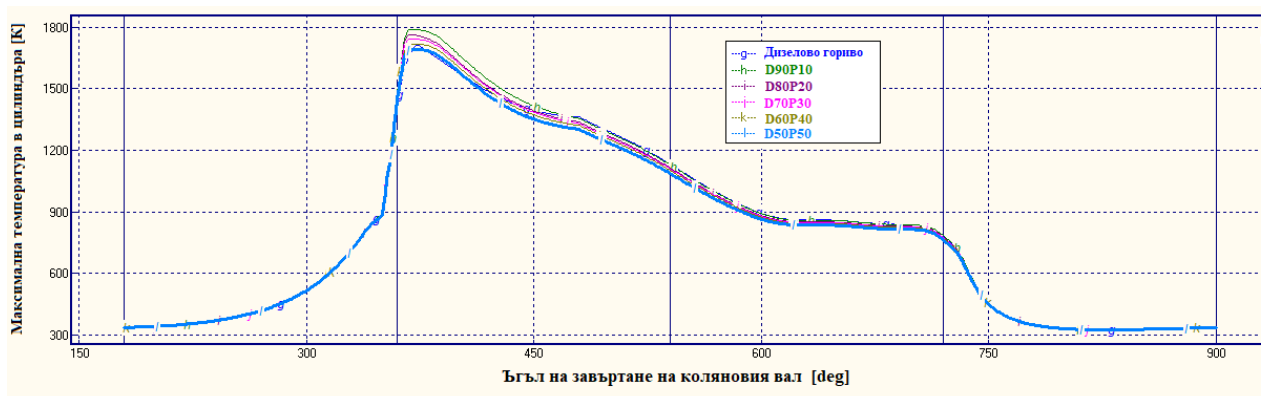
Параметър	Дименсия	Дизелово гориво	D90P10	D80P20	D70P30	D60P40	D50P50
Молекулна маса	kg/kmol	190	179,82	169,63	159,45	149,26	139,08
Плътност	kg/m ³	830	828,5	827	825,5	824	822,5
Цетаново число	-	51	47,9	44,8	41,7	38,6	35,5
Специфична топлина на изгаряне	kJ/kg	42 300	40 040	37 780	35 520	33 260	31 000

Таблица 3. Параметри, изчислени от Diesel-RK

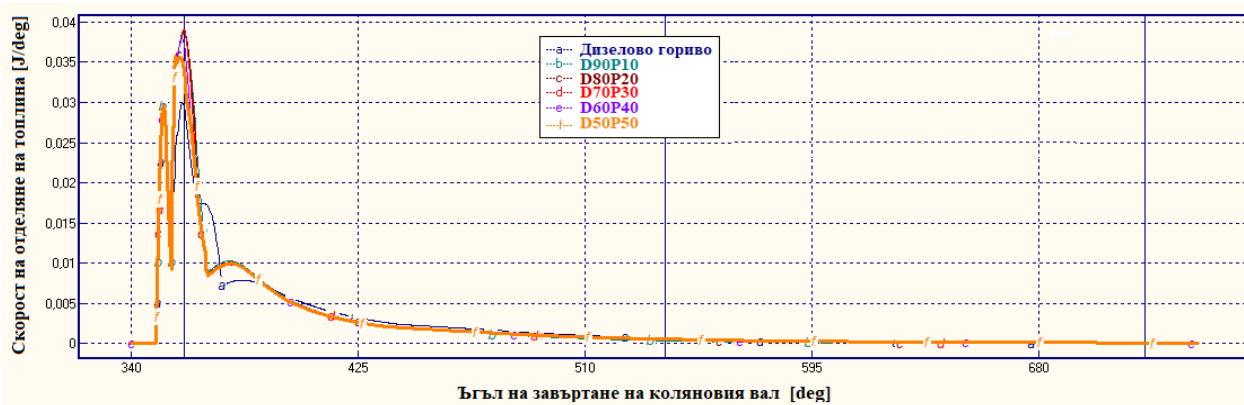
Параметър	Разм.	Diesel	D90P10	D80P20	D70P30	D60P40	D50P50
Мощност при 2500 min ⁻¹	kW	50,00	54,87	52,91	52,44	51,37	49,96
Средно ефективно налягане	Bar	6,20	6,80	6,56	6,50	6,37	6,19
Специфичен разход на гориво	kg/kWh	0,326	0,294	0,303	0,307	0,316	0,325
Ефективен к.п.д.		0,261	0,288	0,280	0,277	0,269	0,261
Въздушно отношение (λ)		1,340	1,298	1,255	1,198	1,132	1,075
Температура на отр.газове	°K	949	948	936	932	927	916
Максимално налягане в цилиндъра	Bar	76,0	83,4	82,9	82,0	80,8	79,5
Максимална температура в цилиндъра	°K	1714	1790	1763	1742	1719	1694
Максимална скорост на нарастване на налягането	Bar/deg.	3,158	3,516	3,501	3,499	3,486	3,333
Димност (Hartridge)	%	63	62	66	71	76	81
Твърди частици (PM)	g/kWh	1,850	1,644	1,839	2,023	2,286	2,571
Въглероден двуокис (CO ₂)	g/kWh	1051,7	982,4	1048,3	1102,6	1184,9	1275,6
Азотни окиси (NO _x)	ppm	697	779	576	396	246	138
Азотни окиси към NO (по Zeldovich)	g/kWh	4,923	5,034	3,876	2,702	1,724	1,000



Фиг. 1. Теоретично изменение на налягането в цилиндъра на двигателя



Фиг. 2. Теоретично изменение на температурата в цилиндъра на двигателя (K)



Фиг. 3. Скорост на отделяне на топлината (J/deg)

ИЗВОДИ

1. Наблюдава се известно увеличение на мощността, ефективния к.п.д. и намаление на специфичния разход на гориво при добавяне до 40% n-пентанол, като следствие на по-голямата плътност на заряда. Доказателство е, че ламбда намалява (клони към 1,1).

2. От графиките следва, че нараства скоростта на топлоотделяне и пълнотата на горене с добавяне на пентанол до 20%. Това е съпроводено с нарастване максималната скорост на нарастване на налягането (наблюдава се известно, но допустимо увеличение твърдостта на работа на двигателя) и нарастване максималната температура в цилиндъра ($c < 8^\circ$).

3. Вредни емисии:

- Димността намалява при 10% пентанол, а след това се увеличава плавно.
- Относителното количество CO₂ намалява с добавяне на пентанол;
- Азотните окиси намаляват с добавяне на пентанол

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Направените теоретични изследвания ни дават информация, че при използване на 10% n-pentanol, като добавка към дизеловото гориво се намалява димността и съдържанието на азотни окиси. Като това допринася за решването на едни от основните проблеми на дизеловите двигатели - димност и азотни окиси.

REFERENCES

Zuhaira A., Hazrulzurina S., Adam A., Mohd F., Effect of Pentanol-Diesel Fuel Blends on Thermo-Physical Properties, Combustion Characteristics, Engine Performance and Emissions of a Diesel Engine, International Journal of Automotive and Mechanical Engineering ISSN: 2229-8649 (Print); ISSN: 2180-1606 (Online) Volume 15, Issue 3 pp. 5435-5450 Sept 2018 © Universiti Malaysia Pahang, Malaysia

Xiaohui Y., Xin H., Wei Z., Peng W., Shaoping X., (2019). Comparisons of the Emissions of Ethanol/Diesel and n-Pentanol/Diesel Fuel Blends: Engine Test and Kinetic Modeling Study, Open Access Journal, Digital Object Identifier 10.1109/ACCESS.2019.2928315

Iliev Simeon, Comparison of Ethanol and Methanol Blending with Gasoline Using Engine Simulation, Biofuels - Challenges and opportunities, Mansour Al Qubeissi, IntechOpen, DOI: 10.5772/intechopen.81776. URL: <https://www.intechopen.com/books/biofuels-challenges-and-opportunities/comparison-of-ethanol-and-methanol-blending-with-gasoline-using-engine-simulation>

Iliev Simeon, A Comparison of Ethanol, Methanol and Butanol Blending with Gasoline and Relationship with Engine Performances and Emissions, Proceedings of the 29th DAAAM International Symposium, pp.0505-0514, B. Katalinic (Ed.), Published by DAAAM International, ISBN 978-3-902734-20-4, ISSN 1726-9679, Vienna, Austria;

Iliev, S. (2017). Investigation of N-Butanol Blending with Gasoline using a 1-D Engine Model. In Proceedings of the 3rd International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems - Volume 1: SMS, ISBN 978-989-758-242-4, pages 385-391. DOI: 10.5220/0006284703850391

Marinov E., Trendafilov A., Biofuel - a real alternative fuel for transport, MOTAUTO 06, Varna, 2006.