

FRI-2.203-1-TMS-07

---

## MODELLING OF WORKING PROCESS OF DIESEL ENGINE WHEN WORKING WITH ADDITION OF GAS FUEL <sup>4</sup>

---

**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

**Eng. Nikolai Andonov, PhD student**

Department of Transport Engineering and Technologies,  
Technical University of Varna, Bulgaria  
Tel.: +359 52 383 464

**Assoc. Prof., Krassimir Bogdanov, PhD**

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

***Abstract:** The report includes calculations that provide detailed information on the change in process parameters, performance indicators and characteristics of working process of a diesel engine with volumetric mixture formation when working with the addition of gas to the filling manifold. For calculation a mathematical model was used to calculate the basic parameters of the working process based on the change in pressure in the engine cylinder. From the calculations, it could theoretically optimize the combustion process for a particular engine by regulating the amount of gas fuel added.*

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

### ВЪВЕДЕНИЕ

В доклада са публикувани изчисления, които дават подробна информация за промяната на параметрите на процесите, показателите и характеристиките на работния процес на дизелов двигател с обемно смесобразуване, при работа с добавяне на газово гориво в пълнителния колектор. При изчисленията е използван програмния продукт DIESEL-RK, предназначен за топлинно пресмятане, анализ, изследване и оптимизация на двутактови и четиритактови ДВГ с атмосферно пълнене и произволни схеми на свръхпълнене, за следните видове двигатели: дизелови двигатели с вътрешно горене, бензинови ДВГ с искрово запалване, газови ДВГ. От направените изчисления би могло теоретично да се оптимизира горивния процес за конкретен двигател, чрез регулиране количеството добавено газово гориво – природен газ (CNG).

### ИЗЛОЖЕНИЕ

Програмата Diesel-RK използва многозонов термодинамичен модел с отчитане на някои важни параметри: интензивност на завихряне, форма на буталото, впръскване и т.н. Теоретичните модели, използвани в двигателите с вътрешно горене, могат да бъдат класифицирани в две основни групи: термодинамични модели и модели на динамиката на флуида.

Термодинамичните модели се основават на първия закон на термодинамиката и се използват за анализ на експлоатационните характеристики на двигателите. Определят се налягането, температурата и други необходими параметри по отношение на ъгъла на

---

<sup>4</sup> Presented a plenary report of October 26, 2019 with the original title: МОДЕЛИРАНЕ РАБОТНИЯ ПРОЦЕС НА ДИЗЕЛОВ ДВИГАТЕЛ ПРИ РАБОТА С ДОБАВЯНЕ НА ГАЗОВО ГОРИВО

коляновия вал. 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.

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

Пресмятанията са направени със следните видове горива, данни за които са показани в таблица 1, а резултатите от пресмятанията са показани в таблица 2.

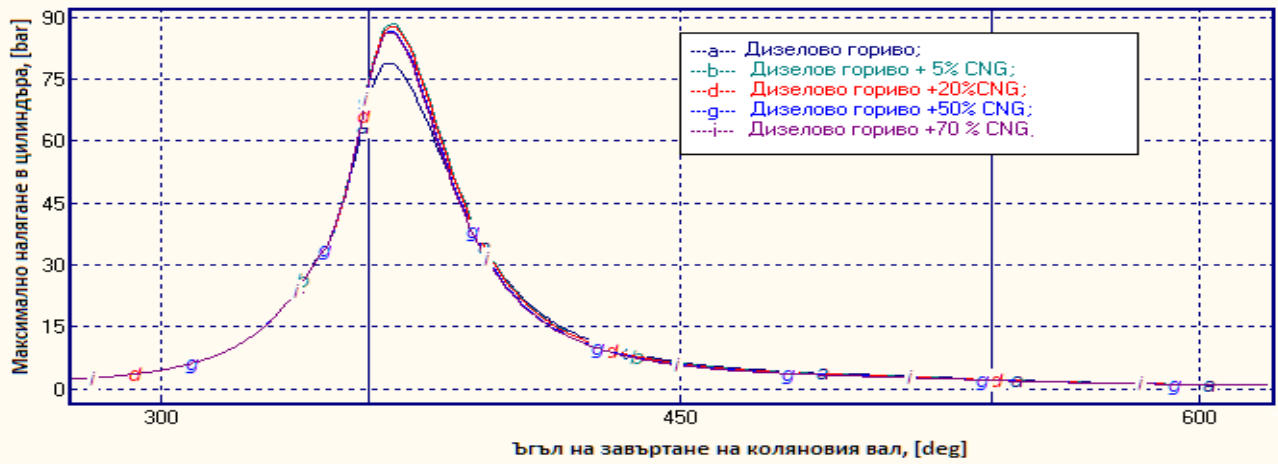
Таблица 1. Характеристики на горивните смеси

<i>Параметър</i>	<i>Дименсия</i>	<i>Дизелово гориво</i>	<i>5% CNG</i>	<i>20% CNG</i>	<i>50% CNG</i>	<i>70% CNG</i>
Молекулна маса	kg/kmol	190	181,30	155,21	103,02	68,23
Плътност	kg/m <sup>3</sup>	860	809,30	747,20	623,00	540,20
Специфична топлина на изгаряне	kJ/kg	42 300	42 640	43660	45 700	47060

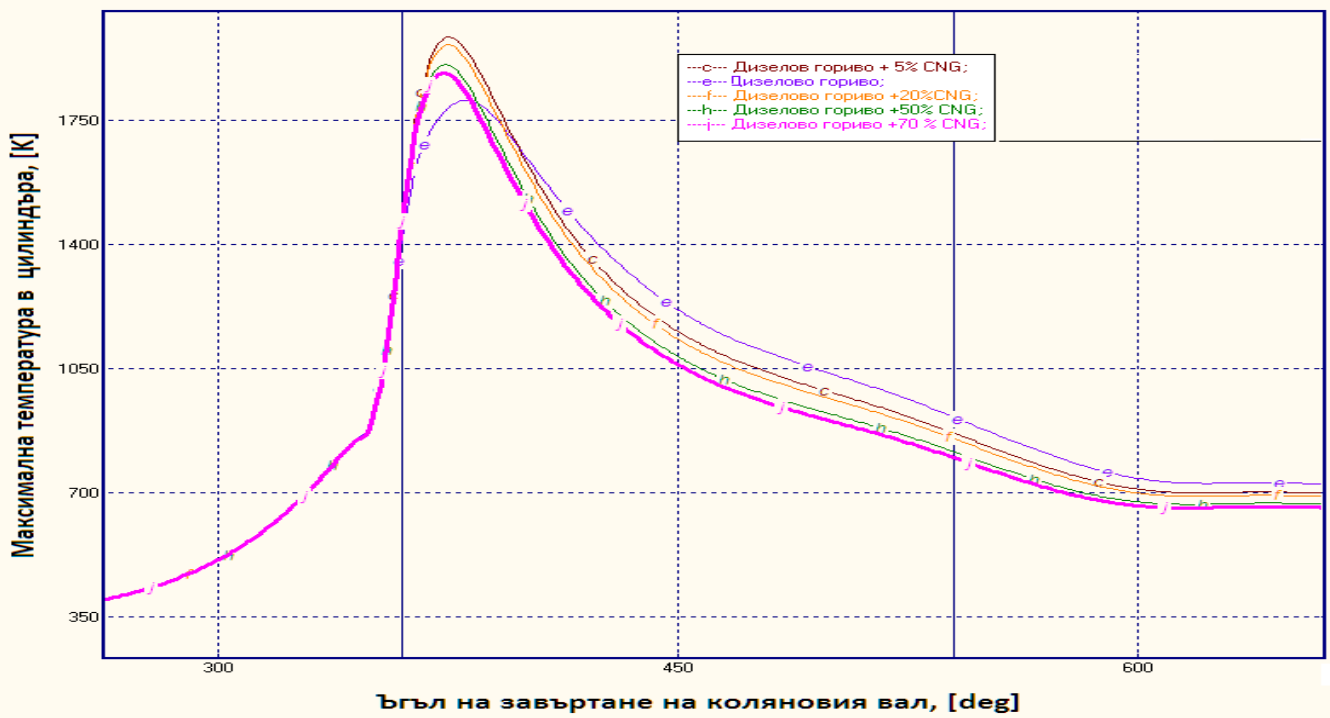
Таблица 2. Термодинамични изчисления

<i>Параметър</i>	<i>Ди- менсия</i>	<i>Дизе- лово гориво</i>	<i>5% CNG</i>	<i>20% CNG</i>	<i>50% CNG</i>	<i>70% CNG</i>
Номинална честота на въртене на ДВГ	<i>min<sup>-1</sup></i>	2500	2500	2500	2500	2500
Номинална мощност на двигателя	<i>kW</i>	50,56	51,9	50,32	46,42	44,72
Средно ефективно налягане	<i>bar</i>	6,26	6,43	6,24	5,75	5,54
Маса на подаденото гориво за цикъл	<i>g</i>	0,0429	0,0425	0,0415	0,039	0,038
Специфичен разход на гориво	<i>kg/ kW.h</i>	0,254	0,245	0,247	0,252	0,254
Ефективен КПД	<i>%</i>	33,27	34,37	34,12	33,50	33,12
Средно индикаторно налягане	<i>bar</i>	8,60	8,79	8,58	8,09	7,87
Индикаторен КПД на двигателя	<i>%</i>	45,67	46,94	46,96	47,07	47,03
Средно налягане на механичните загуби	<i>bar</i>	1,95	1,97	1,96	1,95	1,95
Механичен КПД	<i>%</i>	76,24	76,53	76,01	74,64	73,97

Средно налягане в пълнителния колектор	<i>bar</i>	0,96	0,96	0,96	0,96	0,969
Средна температура в пълнителния колектор	<i>K</i>	291,05	291,06	291,09	291,12	291,10
Средна температура на стените на пълнителния колектор	<i>K</i>	301,05	301,06	301,08	301,12	301,11
Коефициент на топлопроводност на пълнителния колектор	<i>W/ m2.K</i>	51,39	51,31	51,33	51,32	51,32
Коефициент на топлопроводност пред пълнителния клапан	<i>W/ m2.K</i>	273,65	273,12	273,25	273,39	273,44
Средно налягане в изпускателния колектор	<i>bar</i>	1,03	1,04	1,039	1,039	1,039
Средна температура на газовете в изпускателния колектор	<i>K</i>	756,57	726,45	711,71	687,32	675,55
Средна скорост на газовете в изпускателния колектор	<i>m/s</i>	88,64	85,17	84,00	81,24	79,81
Средна температура на стените на изпускателния колектор	<i>K</i>	683,71	657,9	645,01	624,61	614,42
Коефициент на топлопроводност на изпускателния колектор	<i>W/ m2.K</i>	157,38	154,17	152,81	150,38	149,24
Коефициент на топлопроводност пред изпускателния клапан	<i>W/ m2.K</i>	891,58	873,41	865,71	851,93	845,45
Въздушно отношение	-	1,7332	1,74	1,7315	1,775	1,73
Максимално налягане в цилиндъра	<i>bar</i>	78,92	88,31	87,82	86,96	86,36
Макс. температура в цилиндъра	<i>K</i>	1808,1	1985,7	1963,8	1909,0	1885,3
Максимална скорост на нарастване на налягането в цил.	<i>bar/ deg</i>	3,05	3,48	3,38	3,48	3,52
Продължителност на горенето	<i>° к.в.</i>	95,40	61,20	60,00	58,00	56,8
Средна температура за цикъл	<i>K</i>	1085,6	1139	1124	1088	1074
Средна топлопроводност в цилиндъра	<i>W/ m2.K</i>	373	386	385	381	380
Топлинен поток върху цилиндровата глава	<i>J/s</i>	1801	1993	1949	1844	1803
Топлинен поток върху челото на буталото	<i>J/s</i>	1994	2198	2152	2042	2000
Топлинен поток върху цилиндровата втулка	<i>J/s</i>	1724	1619	1561	1427	1369



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. С увеличаване дела на природния газ в смес с дизелово гориво се увеличават максималното налягане (с 5-10Bar) и температура в цилиндъра по време на процеса горене (с около 100 K). При увеличаване до 70% се наблюдава тяхното намаляване.
2. Твърдостта на работа, изразена с максималната скорост на нарастване на налягането се увеличава незначително с дела на газовото гориво до около 20%.
3. Ефективният к.п.д. се увеличава с увеличаване на дела на CNG до 20%, след което видимо бележи тенденция на намаляване (влошаване)
4. Интензивността на топлоотделяне във втората фаза се увеличава с нарастване дела на газово гориво. В резултат се намалява времето за горене.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От изложеното по-горе може да се очаква, че заместването на дизеловото гориво с газово до около 50% ще доведе до по-пълно горене и до понижаване на димността.

Направените термодинамични изчисления дават подробна информация за промяната на параметрите в двигателя и чрез тях може да бъде направен анализ на влиянието на различни параметри върху протичането на процеса горене. Също така с голяма точност може теоретично да се оптимизира горивният процес при необходимост за конкретен двигател.

#### REFERENCES

Heywood J. B. (1988). Internal combustion engine fundamentals. Unated States of America

Maslinkov, S.; Stefanov C. (1985). Teoria na dvigatelite s vutreshno gorene. Sofia (Оригинално заглавие: Маслинков С., Стефанов Ц., 1985. „Теория на двигателите с вътрешно горене”, София 1985 г.)

Belchev S., Dimitrov R. (2011) Rukovodstvo za kursovo proektirane na dvigateli s vutreshno gorene. Varna (Оригинално заглавие: Белчев С., Димитров Р. 2011 „Ръководство за курсово проектиране на двигатели с вътрешно горене“, Варна)

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

Илев Симеон, 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;

Илев, 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

Dimitrov R., Bogdanov K., Wrobel R., Serrano L., Mihaylov V., (2019) Adjustment parameters of ICE working with methane, BulTrans-2019 – 11<sup>th</sup> International Scientific Conference on Aeronautics, Automotive and Railway Engineering and Technologies, Sozopol, Bulgaria, under print.