

Секция ТЕХНИЧЕСКИ НАУКИ

Възможности на програмата DIESEL – RK за термодинамично пресмятане на двигатели с вътрешно горене

Валентин Пеев Петров

Program DIESEL-RK possibility: Program DIESEL-RK tends to be a professional instrument for analyzing, developing and optimization of the working cycles of an internal combustion engine. It comprises advanced mathematical models of various physical processes inherent to engine.

Keywords: engine, mathematical models,

ВЪВЕДЕНИЕ

Програмата DIESEL – RK принадлежи към класа на термодинамичните програми, описващи пълния цикъл на буталните двигатели, т.е. цилиндрите на двигателя се разглеждат като отворени термодинамични системи. Тя е предназначена 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.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Областите на приложение и използване на програмата са:

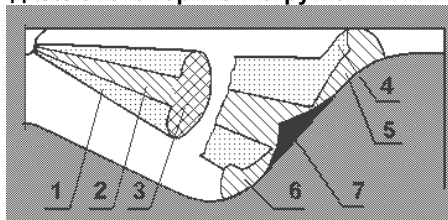
- Пресмятане и оптимизация характеристиките на двигателите;
- Пресмятане и оптимизация на разхода на гориво;
- Оптимизация на изгарянето и изхвърлянето на вредните вещества;
- Оптимизация на фазите на газоразпределение;
- Оптимизация на системите за изпускане на отработилите газове;
- Оптимален избор на агрегатите за свръхпълнене и системите за тяхното регулиране;
- Пренастройка дизеловия двигател за работа с биогорива.

В програмата е реализиран **RK – моделът**: [7] - модел на смесообразуването и изгарянето в дизеловия двигател, който позволява да се пресметне скоростта на топлоотделянето, при което се вземат предвид:

- Формата на горивната камера и конструкцията на горивната апаратура;
- Интензивността на завихрянето в горивната камера;
- Броят, диаметъра и направлението на отворите на дюзите;
- Взаимодействие на струите със стените и помежду си;
- Система на рецикулация на отработилите газове.

Основни моменти включени в RK – модела:[7]

Разпределение на дизеловото гориво в струята

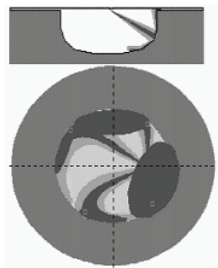


Обозначения:

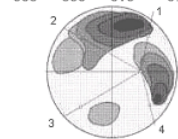
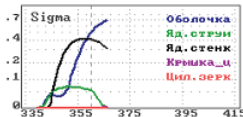
- 1 – Разрежена обвивка на струята;
- 2 – Уплътнено централно ядро;
- 3 – Уплътнен преден фронт;
- 4 – Разрежена обвивка на пристенния поток;
- 5 – Уплътнено ядро на пристенния поток;
- 6 – Преден фронт на пристенния поток;
- 7 – Конусообразно централно ядро на пристенния поток

Рис.1. Разчетна схема на дизеловата горивна струя

Резултат от разчета на развитие на горивната струя



Разпределение на горивото по характерните зони (струя №1)



Експериментална кинограма на развитието на пристенния поток

Обозначения:

- Оболочка - Разрежена обвивка на струята и пристенния поток
- Яд. струя - Ядро на свободната струя
- Яд. стенк - Ядро на пристенния поток
- Кръшка_ц - Гориво попаднало по цилиндровата глава
- Цил. зерк - Гориво попаднало по огледалната пов. върхост на цилиндъра

Рис.2. Разпределение на горивото по зони

Методика за пресмятане горенето в двигателите [4]

Използва се за пресмятане на дизелови двигатели, както с обемно, така и със слойно смесообразуване на различни режими.

Като такъв пример е разгледан дизеловия двигател КАМАЗ – 7405: [7]

В състава на програмния комплекс влиза програма за визуализация на процеса смесообразуване "Fuel Spray Visualization", която позволява да се анализира подвижната картина от развитието на горивната струя и пристенния поток. От наблюдението на развитието на горивните струи и взаимодействието им с вихрите и стените, може да се определи ориентацията на отворите на дюзата и конфигурацията на стените на камерата в буталото, която да обезпечи най-добри условия за горене.

Експериментални данни предоставени от „КамАЗ“.
Измерените и обработени данни са проведени на стенд на фирмата AVL.

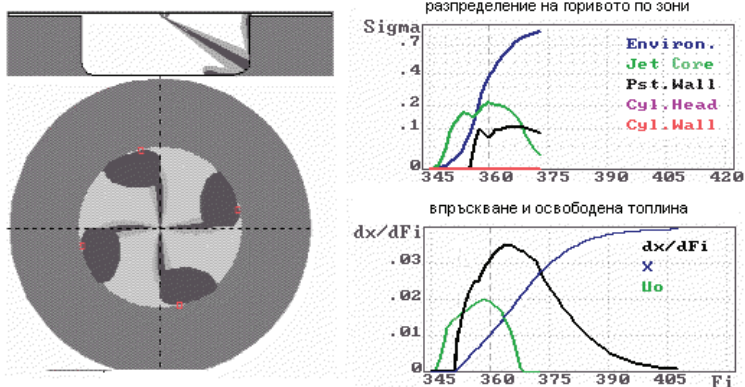
Основни конструктивни данни:

Диаметър на цилиндъра:	120mm
Ход на буталото:	120mm
Брой на цилиндрите на двигателя:	8
Степен на сгъстяване:	16
Материал на главата на буталото:	стомана
Материал на цилиндровата глава:	алуминиева сплав
Система на охлаждане:	течностна

**Разпределение на горивото по зони в края на развитието на струята
КамАЗ – 7405: $n=2200 \text{ min}^{-1}$, $Pe = 9.7bar$**

Таблица 1

№ на струята	Обвивка на струята и пристен. поток	Ядро на свободната струя	Ядро на пристен. поток	Област на пресичане на пристен. потоци	Повърхн. на цилиндр. глава	Цилиндр. повърхн.
1	74,90%	2,90%	22,20%	0,0	0,0	0,0
сумарно	74,90%	2,90%	22,20%	0,0	0,0	0,0



$\frac{dx}{dF_i}$ скорост на топлоотделяне; X част от отделената топлина;

U_0 скорост на впръскване, $\frac{m}{s}$

Рис.3. Режим на пълна мощност: $n=2200 \text{ min}^{-1}$, $Pe=9.7bar$

За да се получи добро смесообразуване, бързо горене и малък разход на гориво, следва всяка струя да бъде насочена по такъв начин, че максимално количество гориво да попадне в зоните с добри условия за изпарение [5]. Това е преди всичко обвивката на струята и в по-малка степен ядрото на пристенния поток. Следва да се избягва попадане на голямо количество гориво в зоните на пресичане на пристенните потоци на съседните струи, също и по огледалната повърхност на

цилиндъра и цилиндровата глава, особено ако главата е изработена от алуминиева сплав и има ниска температура [6]. Обаче за намаляване емисиите на NO_x е необходимо да се прибегне към противоречиви на гореспоменатите изисквания, което води до нарастване емисиите на саждите [1]. С използване възможностите на програмния комплекс **DIESEL 2/4t** могат да се избегнат тези противоречия .

Сравнение на изчислените и експериментални данни за КАМАЗ-7405 [7]

Таблица 2

параметри	n=2200 min ⁻¹		n=1400 min ⁻¹		n=1000 min ⁻¹	
	експер.	изчислени	експер.	изчислени	експер.	изчислени
N _e мощн.kW	192,3	193,6	140,1	138,8	92,6	92,5
g _e спец. еф разх.г-во g/kWh	213,7	212,4	201	202,8	212	212,2
P _e ср. еф. наляг. bar	9,66	9,72	11,06	10,96	10,24	10,22
P _i ср. инд. наляг. bar	11,74	11,7	12,51	12,03	11,18	11,05
P _e ср. нал. всм. кол. bar	1,97	1,97	1,51	1,52	1,29	1,28
T _s ср. т-ра всм. кол. K	390	390	353	354	336	338
G _{air} разх. в-х kg/s	0,346	0,346	0,178	0,182	0,110	0,112
P _z макс. нал. цикъл bar	130,7	129,5	116,8	121	105,2	107,9
P _{впр} макс. нал. впр. bar	672	665	540	532	355	349
Hartridge димност ОГ	7,0	7,8	20	15,9	41	38
P _i нал. газ. преди турб. bar	1,89	1,89	1,37	1,36	1,19	1,2
T _i темп. газ. преди турб. K	768	764	798	753	788	752
T _ц темп. Ц.Г.	454	459	436	439	416	430

Извод: От таблицата се вижда: доброто съвпадане на резултатите от пресмятанята и експерименталните данни, както за процеса горене, така и за газообмена, позволява да се направи извод за адекватността на математическия модел и за възможността за оптимизация на параметрите [7].

Графически, може да се изобрази съпоставянето на резултатите от пресмятанята на параметрите на двигателя с резултатите от измерванията по:

- Външната скоростна характеристика: NO_x , $g_e \left[\frac{g}{kWh} \right]$, $P_z [Pa]$, v зависимост от честотата на въртене;
- Скорост на впръскване на горивото, скорост на топлоотделяне, налягане в цилиндъра, в зависимост от ъгъла на завъртане на колянвия вал.

Други възможности на програмата DIESEL – RK:

1. Програма за визуализация на развитието на струята:

Тази програма позволява да се представят във филмов вид резултатите от пресмятането на взаимодействието на струите с въздушните вихри и стените, а също и помежду си по време на процеса горивоподаване. Програмата спомага да се проектира горивната камера и изберат оптимален диаметър, брой и ориентация на отворите на дюзата, отчитайки продължителността на впръскване и интензивността на вихрите [6].

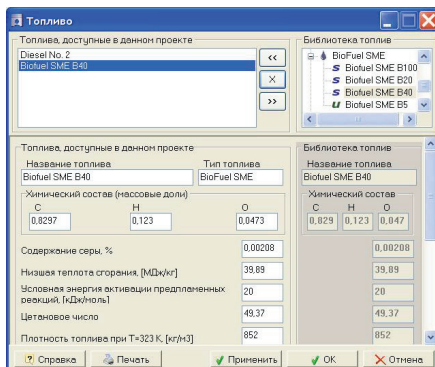
2. Оптимизация на многократното впръскване:

3. Изследване PCCI процеса (Premixed Charge Compression Ignition):

Особеностите на **PCCI** процеса са: много ранно многократно впръскване на предварителни порции гориво и наличие на участъци с нискотемпературно горене (**LTC**) [6].

4. Разчет работата на дизеловия двигател на биогорива:

Програмата **DIESEL – RK** поддържа база данни за различни горива и техните смеси с дизеловото гориво (SME, RME). Физическите свойства на горивата (и смесите) се използват за пресмятане развитието на струята, а също скоростта на изпарение и горене [5].



5. Оптимизация на управлението на клапаните:

6. Съвместно пресмятане на смесобразуването и горенето от температурното състояние на детайлите на цилиндрово-буталната група, използвайки метода на крайните елементи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Програмата DIESEL – RK позволява:

- Да се намалят емисиите на **NO_x** и димността при оптимален избор на конструктивните и експлоатационни фактори;
- Да се изследва оптималният ъгъл на наклона на горивната струя, при който разходът на гориво е минимален.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Бързев, К., Е. Станков. Екологични проблеми на транспорта. РУ „Ангел Кънчев”, Русе, 2007.
- [2] Дьяченко, Н. Х. и др. Теория двигателей внутреннего сгорания. Машиностроение, Л., 1974.
- [3] Маслинков, С.С. и др. Теория на двигатели с вътрешно горене. Техника, С., 1993.
- [4] Орлин, А.С., М.Г. Круглов и др. Двигатели внутреннего сгорания. Теория рабочих процессов поршневых и комбинированных ДВС. Машиностроение, М., 1971.
- [5] Букев, А., Станчев, Х. Компютърна система за измерване и управление горивоподаването в дизелов двигател. Научно-технически семинар „Производство и изследване на ДВГ”, Русе, 26-27 юни 1992. Стр 15-18.
- [6] Stanchev, H., Bukev, A. Investigation of Diesel injection electronic control. AMMA 2002, Cluj-Napoca, Romania, Vol. II -37p.
- [7] <http://www.diesel-rk.bmstu.ru>

За контакти:

гл.ас.инж. Валентин Пеев Петров, Филиал Силистра – РУ „Ангел Кънчев”
тел.: 086/821521, GSM: 0889979337, E-mail: v_p_p@abv.bg

Докладът е рецензиран.