

## Изследване влиянието на вида на горивото върху неравномерността на работа при автомобилен дизелов ДВГ

Красимир Богданов

**Study the influence of the type of fuel on the cycle variability of work in high speed diesel engine:** Purpose of this publication is a study of the cycle variability of combustion process in automobile diesel engine with direct injection of biodiesel and standard diesel fuel.

**Key words:** biodiesel, cycle variety, ICE

Използването на биогорива вече е практика в страните от ЕС, където има изградена данъчна политика за поощряване на използването им. Производството на значителни количества от тези горива, създадената мрежа за зареждане на автомобилите с биогорива и изградената система за контрол на качествата на предлаганите на пазара биогорива разширява използването им. Биодизеловото гориво се получава при обработката на растителни и животински мазнини и масла с метанол и етанол в присъствието на катализатор (киселина или основа), при висока температура и налягане. Получените продукти при тази обработка са биодизел и глицерин. Биодизелът е с характеристики близки до тези на дизеловото гориво. Използва се и в чист вид, като B100 или в смеси с дизеловото гориво в различни съотношения.

Цел на настоящата публикация е изследване неравномерността на работния процес от цикъл в цикъл на автомобилен дизелов двигател с непосредствено впръскване при работа с биодизелово и със стандартно дизелово гориво.

### 1. Същност на проблема.

Неравномерността на горивния процес от цикъл в цикъл се предизвиква от нееднаквото количество на въздуха, постъпващ в един и същ цилиндър от цикъл в цикъл. Количеството на остатъчните отработили газове за всеки цикъл също е различно, параметрите на горивоподаване търпят флукутации и силно зависят от вискозитета, температурат и др. показатели на горивото. В резултат на това, протичането на горивния процес във всеки един цикъл е различно, с различни параметри (период на задържане на самовъзпламеняването, максимална скорост на нарастване на налягането ( $dp/d\varphi$ ), максимална скорост на горене ( $dQ/d\varphi$ ) и т.н.)

Цикловата неравномерност е важна за оценка качеството на работния процес по две причини:

1.) Ъгълът на начало на впръскване на дизеловото гориво се настройва по "средно-аритметичен" цикъл. За циклите при които горенето протича по-бързо предварението е по-голямо от оптималното, а за "по-бавните" то е недостатъчно. И в двата случая се губи ефективността от процеса.

2.) Степента на цикличната неравномерност е ограничена от динамични съображения. По-бързо протичащите работни цикли се характеризират с по-големи стойности на скоростта на изменение на налягането, максималното налягане на цикъла ( $p_z$ ), температурите и т.н. Това води до по-голямо динамично и термично натоварване на детайлите на ДВГ, тези с по-бавно развитие от средния цикъл имат увеличено време за видимо горене изтеглено по линията на разширението и в резултат по-лошо използване на енергията от горивния процес и увеличена температура на отработилите газове.

За изследване неравномерността на горивния процес от цикъл в цикъл се използват различни измерители. Една част от тях са дефинирани въз основа на налягането измерено в цилиндъра по време на процеса (например  $p_z$ ;  $dp/d\varphi$ , и др.). Друга част представляват параметри на горивния процес, изчислени въз основа на

това налягане ( $dQ/d\varphi$ , задържане на самовъзпламенването, средно индикаторно налягане ( $p_i$ ) и т.н.).

За критична се счита неравномерност по-голяма от 10%, тъй като се влошава комфорта и управляемостта на автомобила.

В настоящото изследване е използван параметъра средно индикаторно налягане на цикъла ( $p_i$ ). Коефициентът на неравномерност  $K_v$  се определя по формулата:

$$K_v = \frac{\sigma_{p_i}}{p_i} \times 100, \% \quad (1)$$

където:  $\sigma_{p_i}$  - стандартната девиация на параметъра  $p_i$ ;  $\bar{p}_i$  - средноаритметично на  $p_i$  [1].

Основание за този избор дава факта, че снетата диаграма на налягането в цилиндъра по ъгъла на завъртане на колянвия вал (индикаторна диаграма) включва в себе си пулсации, предизвикани от трептенията на работното тяло в цилиндъра, вибрациите на детайлите на двигателя и др. смущения. Всичко това затруднява точното отчитане на конкретните параметри свързани с налягането (максимум на налягането ( $p_2$ ), максимална скорост на нарастване на налягането ( $dp/d\varphi$ ) и др.) и увеличава възможността за грешки. Параметрите на горивния процес (скорост на топлоотделяне, време (ъгъл) на видимо горене и др.) се изчисляват въз основа на тази диаграма, чрез диференциране, което от своя страна увеличава възможността за грешка при отчитането. Напротив, параметъра средно индикаторно налягане на цикъла се получава, като резултат от интегриране по диаграмата на налягането. Това снижава до минимум възможностите за грешки при отчитането му. Субективният фактор липсва и има възможност за автоматизиране на изследването.

## 2. Експериментално изследване.

Обект на експерименталните изследвания е високочестотен дизелов двигател Rover Maestro 2,0D, производство на фирмата "Perkins Engines LTD" – Англия. Основните му технически данни са поместени в Таблица 1.

Таблица 1, Технически данни на изпитвания двигател

|  |                               |
|--|-------------------------------|
| Мощност: [kW]                            | 46 (4500 min <sup>-1</sup> )  |
| Въртящ момент: [N.m]                     | 122 (2500 min <sup>-1</sup> ) |
| Брой цилиндри:                           | 4, редови, вертикално         |
| Ходов обем ( $V_h$ ): [cm <sup>3</sup> ] | 1993                          |
| Тактност:                                | 4 тактов                      |
| Пълнене:                                 | атмосферно                    |
| Горивна система:                         | Perkins Direct Injection      |
| Степен на съгъстяване ( $\epsilon$ ):    | 18,1:1                        |

По време на изпитването са измервани следните параметри: натоварване на двигателя; честота на въртене; разход на гориво; димност на отработилите газове; съдържание на CO; CO<sub>2</sub>; O<sub>2</sub>; HC; NO<sub>x</sub> в отработилите газове; ход на иглата на разпръсквача; налягане в горивната камера (индикаторна диаграма) и др.

Налягането в цилиндъра по завъртането на колянвия вал е снето с пиезокварцов възприемател на фирмата AVL.

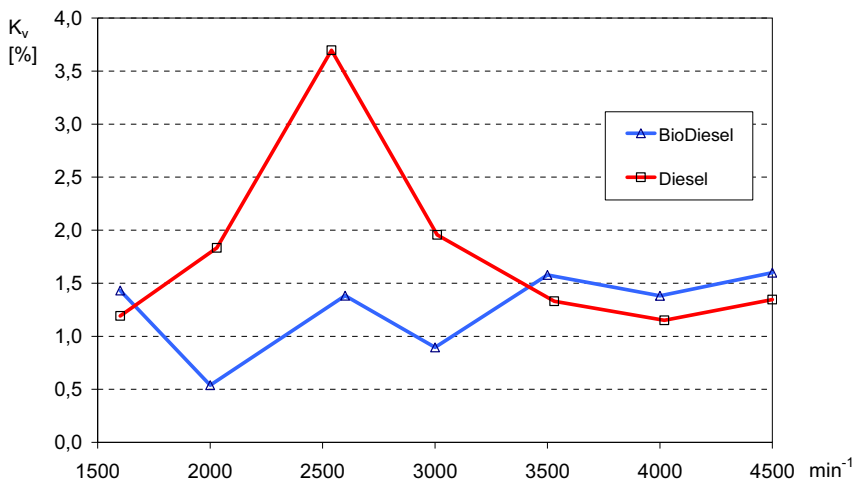
За да се установят зависимостите за развитието на горивния процес от товарните и честотни режими на работата и вида на използваното гориво са снети външна честотна характеристика (ВЧХ) и товарна характеристика (ТХ) при

максимален въртящ момент ( $n=2500 \text{ min}^{-1}$ ). Изпитанията са направени при заводската регулировка на горивната апаратура за стандартно дизелово гориво.

### 3. Анализ на резултатите.

#### 3.1. Влияние на честотата на въртене на колянвия вал (при ВЧХ) върху цикловата неравномерност.

От фиг.1 може да се отчете, че цикловата неравномерност при работа с биодизелово гориво и честоти на въртене на колянвия вал по-ниски от  $3000 \text{ min}^{-1}$  е по-ниска от тази при работа с минерално дизелово гориво. След тази граница, практическа разлика не се наблюдава. Причина за това явление може да се търси в по-голямото предварение на впръскване при по-ниските честоти на въртене предизвикано от по-големия вискозитет на биодизела [2]. При това нараства максималното индикаторно налягане ( $p_z$ ) и относителните разлики в средното индикаторно налягане намаляват. От друга страна намалява средното ефективно налягане, ефективния к.п.д. и се увеличава съдържанието на азотни оксиди в отработилите газове [2],[3].



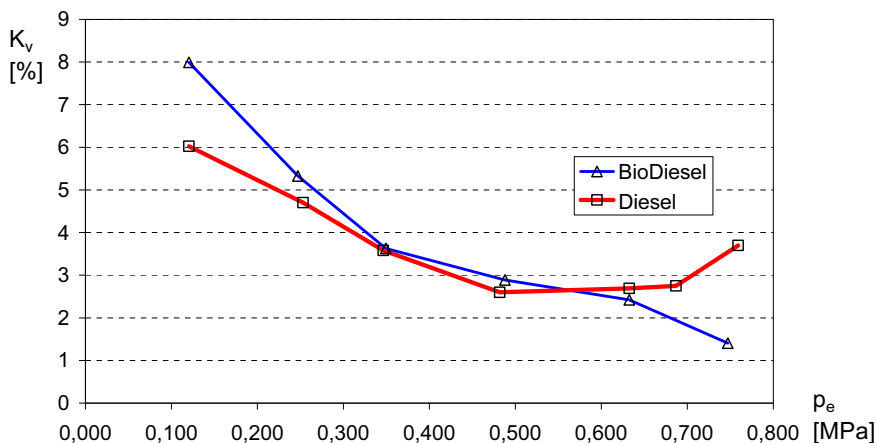
Фиг.1. Циклова неравномерност при външна честотна характеристика

#### 3.2 Влияние на натоварването на двигателя върху неравномерността на работния процес от цикъл в цикъл.

Вижда се (фиг.2), че и при двата вида гориво с нарастване на натоварването намалява неравномерността от цикъл в цикъл, дължащо се на подобрените условия за смесобразуване. Изключение правят случаите на много ниско и на максимално натоварване.

В първият случай роля играе по-лошата изпаряемост на биодизела, при което нараства ролята на случайните фактори влияещи върху изпарението – температура на остатъчните отработили газове, неравномерност на количеството постъпил в горивната камера въздух и др.

Във втория случай неравномерността е по-ниска от тази със стандартно дизелово гориво поради посочените в т.3.1. причини



Фиг.2. Циклова неравномерност в зависимост от натоварването

### Заклучение

Проведеното експериментално изследване позволява да се направят следните по-важни изводи:

1. Вида на използваното гориво не оказва съществена роля върху неравномерността на работа на високочестотен дизелов двигател с непосредствено впръскване.
2. При работа със биодизелово гориво (B100) трябва да се вземат в предвид други съществени фактори, като увеличаването на ъгъла на предварение на впръскването, продължителността на впръскване и др.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Heywood J.B. "Internal combustion engine Fundamentals", McGraw-Hill, Inc, 1988.
- [2] Богданов К., Димитров А., Р.Христов. „Индикаторни показатели на високочестотен дизелов двигател с директно впръскване при работа с биодизелово гориво”, trans&MOTAUTO'07 Русе 2007 г., ISBN-978-954-9322-21-7 стр. 34-36.
- [3] Димитров А.Й., Богданов К.Ц, Узунтошев Т.П, Христов Р.П, "Сравнителни изпитвания на двигател Rover 2,0D при работа с биодизелово гориво", "Транс и Мотауто '06", Варна, 2006, стр. 92-96

### За контакти:

гл.ас. д-р.инж. Красимир Богданов, Катедра "Транспортна техника и технологии", Технически Университет - Варна, тел.: 052-383-321, e-mail: [kboq@abv.bg](mailto:kboq@abv.bg)

Докладът е рецензиран.