



МЕТОДИКА ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ХИДРАВЛИЧНИТЕ ПАРАМЕТРИ НА ХИДРОЕЛЕКТРОННИ ВПРЪСКВАЧИ ЗА ДИЗЕЛОВИ ДВИГАТЕЛИ С ВЪТРЕШНО ГОРЕНЕ

Славчо Божков¹, Мариан Мутафчиев¹, Емил Георгиев²
stbozhkov@vtu.bg, marian_mutafchiev@abv.bg, egeorgiev@eltrakbulgaria.com

¹*Висше транспортно училище “Тодор Каблешков” – София
ул. “Гео Милев” №158, 1574 София
РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ*

²*Елтрак България ООД
бул. “Европа” №439, 1331 София
РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ*

Ключови думи: методика, впръсквач, параметри, ДВГ

Резюме: Хидроелектронните впръсквачи се задействуват от електромагнит и впръскват горивото в цилиндрите при съответното налягане на впръскване, което се осигурява от външна хидравлична (маслена) помпа и мултипликаторно бутало, разположено вътрешно във впръсквача.. Те трябва да осигуряват прецизно дозиране на горивото в зависимост от работния режим на двигателя [3]. Условието за прецизно дозиране е правилното подбиране и изчисление на хидравличните параметри на впръсквачите като налягане на впръскване, диаметър и брой на впръскващите отвори, разположение на впръскващите отвори и др. [4]. Ето защо оптимизирането на хидравличните параметри на впръсквачите оказва пряко влияние върху ефективността на работа на ДВГ. Методиката за определяне на хидравличните параметри на хидроелектронните впръсквачи се основава на показателите от изчисляването на ДВГ, като разход на гориво, циклова порция гориво, време за впръскване и др. Построяват се характеристиките на цикловата порция гориво в зависимост от натоварването на двигателя, както и характеристиките на времето за впръскване от честотата на въртене на колянвия вал на двигателя. Тези характеристики се използват като отправна точка за определяне на максималната порция гориво и времето за неговото впръскване. Съобразно това се определя налягането на впръскване и сечението на впръскване. Така се достига до определяне на броя и разположението на впръскващите отвори. Получените данни се използват за построяване на електронната управляваща програма.

ТЕОРЕТИЧНА ПОСТАНОВКА

Работата на горивната система с хидроелектронни впръсквачи (помпи-дюзи с хидравлично задвижване и електронно управление) се различава от другите горивни системи с помпи-дюзи с механично задвижване [5]. Горивната система не се нуждае от регулировки. Промяна в мощностната характеристика на двигателя се извършва единствено с инсталирането на друг софтуер в електронният блок за управление.

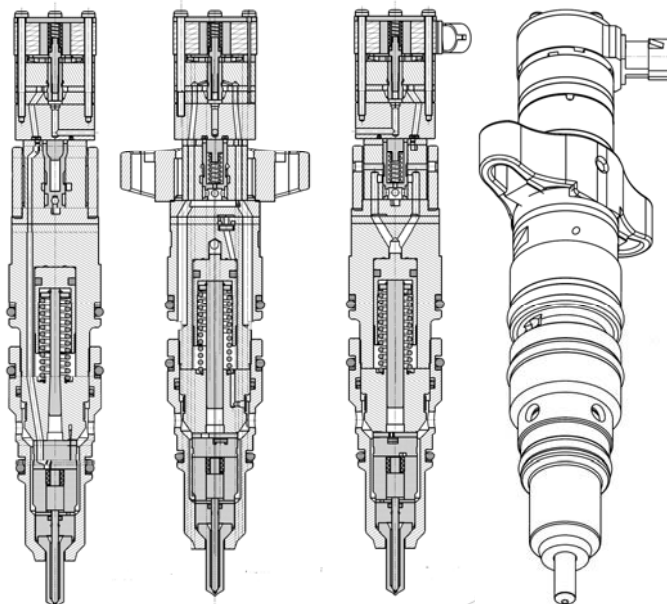
Горивната система се състои от четири основно компонента:

- Хидроелектронни впръсквачи;
- Електронен блок за управление;
- Маслена помпа високо налягане;
- Механична гориво-подаваща помпа.

Горивната система използва двигателно масло под налягане за хидравличното задвижване на буталото на впръсквача. Масленото налягане в общия маслен колектор, необходимо за задвижване на буталото е в работен диапазон от 6 МРа до 28 МРа. Високото налягане действа върху горната част на буталото, което от своя страна задвижва долната част. Площта на горната част на буталото е по-голяма от долната част около 6 пъти. Така се осъществява принцип на действие на хидравличен мултипликатор, като по този начин се увеличава налягането на впръскване на гориво около 6 пъти. Изменението на налягането на впръскване е в границите от 450 kPa при пускане до 175 МРа при максимално натоварване. Налягането на маслото, респективно налягането на впръскване, цикловата порция гориво, ъгъла на изпреварване на впръскването и броя впръсквания се управляват от електронния блок за управление на уредбата.

Работата на хидроелектронния впръсквач (фиг.1) е разделена на четири цикъла:

- Подготовка за впръскване – затворен електромагнитен клапан;
- Пилотно впръскване – първо отваряне на електромагнитния клапан;
- Главно впръскване – второ отваряне на електромагнитния клапан;
- Пълнене – при всяко затваряне на електромагнитния клапан.



Фиг.1 Общ вид на хидроелектронен впръсквач

МЕТОДИКА

1) Изходни данни

Като изходни данни при изчисляването на хидроелектронния впръсквач се използват следните параметри, представени в таблица 1. Плътността и масовият дебит на горивото се вземат от каталожни данни на прототипен двигател или от изчисленията на двигателя. Налягането на впръскване се взема също от каталожни данни, от зададени стойности или се приема. Атмосферното налягане се взема от обобщени усреднени данни.

Таблица 1

Основни параметри	Мярка	Стойност
Плътност на горивото $\rho_{гор}$	kg/m ³	880
Налягане на впръскване $p_{гор}$	Pa	30000000- 175000000
Атмосферно налягане $p_{атм}$	Pa	100000
Максимален масов дебит на горивото $Q_{m, max}$	kg/s	0.01793

Числените стойности са приети за настоящата статия при изчисляване на хидроелектронен впръсквач за индустриален двигател марка Caterpillar модел С9. Параметрите на двигателя са представени в таблица 2.

Таблица 2

Основни параметри	Мярка	Стойност
Ходов обем V_a	m ³	0.008800
Ходов обем V_p	cm ³	8800
Брой цилиндри i	бр.	6
Тактност τ		4
Мощност N_e	kW	242
Въртящ момент M_e	Nm	1485
Диаметър на цилиндъра D	m	0.112
Ход на буталото s	m	0.149
Степен на сгъстяване ε		16,1
Налягане в началото на сгъстяването p_a	Pa	184000

2) Изчисляване на характеристиките на впръсквачите

Циклова порция гориво g_u [2]:

$$(1) \quad g_u = \frac{Q_1}{H_u}, \text{ kg},$$

където: Q_1 е внесено количество топлина, J;

H_u - долната топлина на изгаряне на горивото, J/kg (за дизел $H_u = 42\,500\,000$ J/kg).

Време за впръскване $t_{впр}$:

$$(2) \quad t_{впр} = \frac{g_u}{Q_m}, \text{ s},$$

където: g_u е цикловата порция гориво, kg;
 Q_m - масов дебит на горивото, kg/s.

Изменението на цикловата порция гориво и времето за впръскване при работа на двигателя на празен ход, максимален въртящ момент, максимална мощност и максимална честота на въртене са представени на фиг.2 и фиг.3.

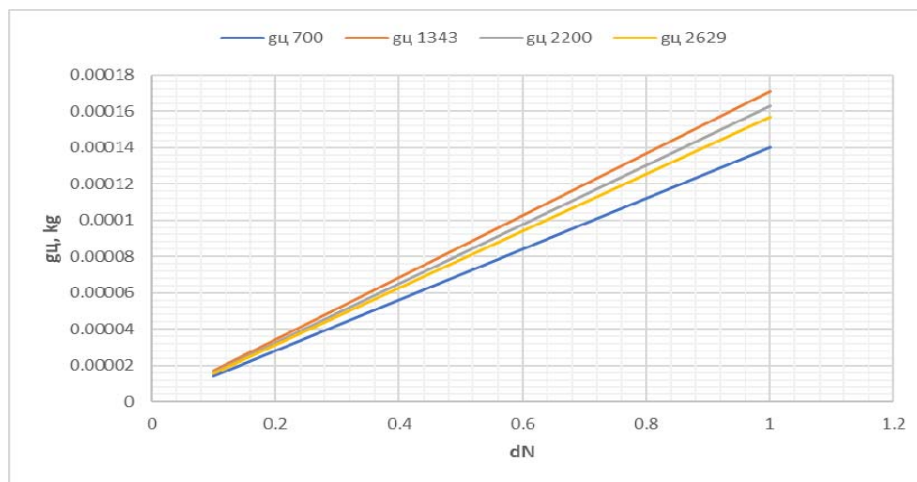
Скорост на потока на впръскваното гориво v . Прилага се уравнението на Бернули [1]:

$$(3) \quad \frac{v^2}{2} + \frac{p_{гор}}{\rho_{гор}} = const$$

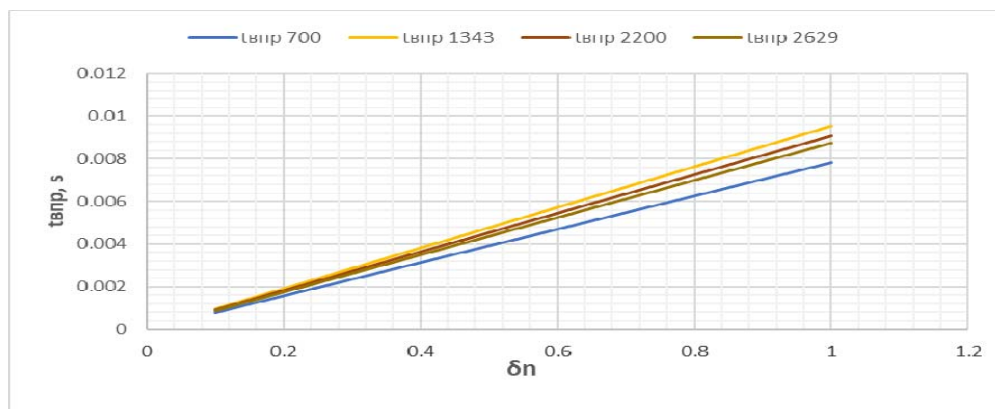
където: v е скоростта на потока на впръскваното гориво, m/s;

$p_{гор}$ – налягане на впръскваното гориво, Pa;

$\rho_{гор}$ – плътност на горивото, kg/m³.

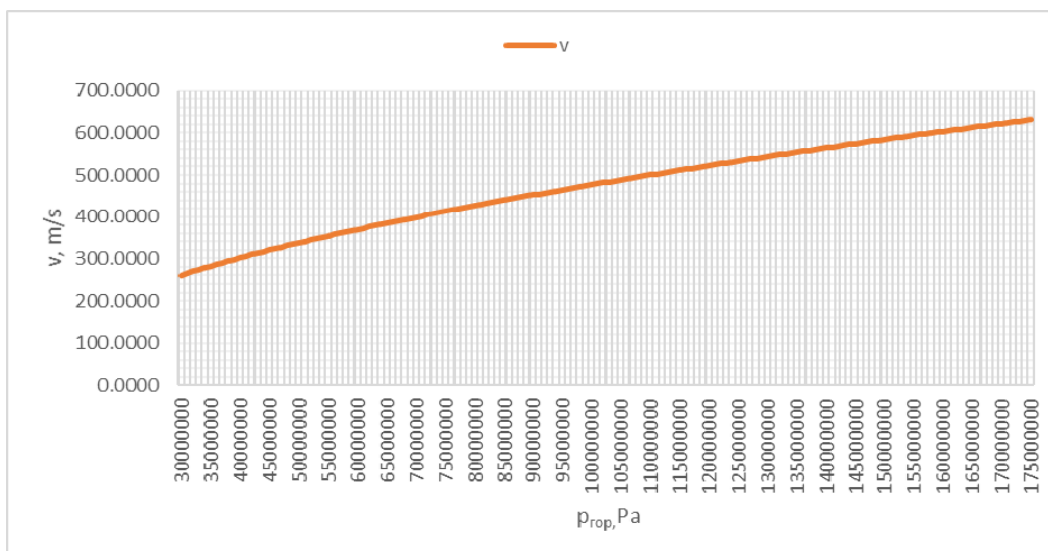


Фиг. 2 Изменение на на цикловата порция гориво g_c



Фиг. 3 Изменение на времето за впръскване на горивото $t_{впр}$

Изменението на скоростта на впръскваното гориво за целия работен диапазон на двигателя е представено на фиг.4.



Фиг. 4 Характеристика на скоростта на потока за целият работен диапазон във функция от налягането на горивото

РЕЗУЛТАТИ

1) Сечение на впръсквача

Изчислява се необходимото сечение за масовият дебит на горивото от уравнението за непрекъснатост на потока [1].

$$(4) \quad Q_m = v \rho S_{\text{поток}}$$

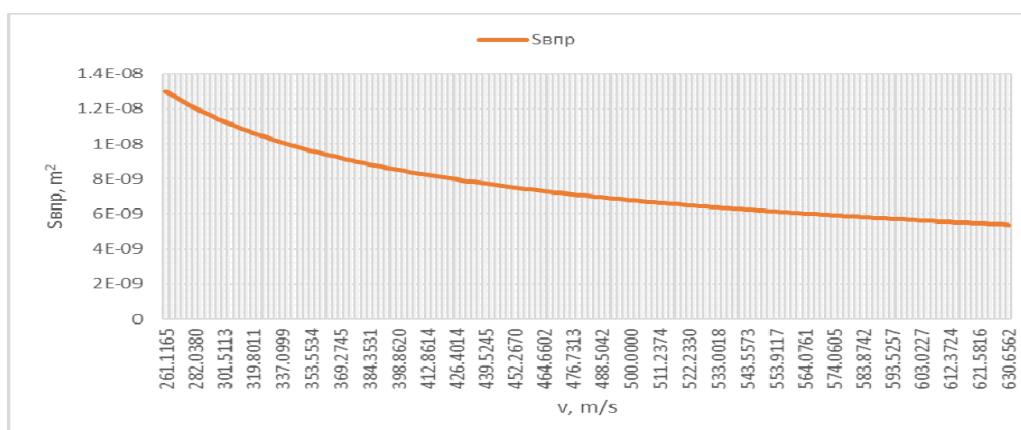
където: $S_{\text{поток}}$ е общото сечение на потока гориво към всички впръсквачи, m^2 .

$$(5) \quad S_{\text{впръсквач}} = \frac{S_{\text{поток}}}{n}$$

където: $S_{\text{впр}}$ е сечението на един впръсквач, m^2 ;

n – брой впръсквачи.

При задаване на различни стойности на сечението на един впръсквач, така че да се осигури максималния дебит на горивото $Q_{m,max}$ при различните скорости на впръскване се получава характеристиката на сечението на впръсквача (фиг.5).



Фиг. 5 Характеристика на необходимото сечение за един впръсквач

Избира се необходимото максимално общо сечение на отворите при изчисляването на един впръсквач $S_{\text{впръсквач,max}}$. В конкретния случай $S_{\text{впръсквач,max}} = 1.30051 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2$.

Изчислява се сечението $S_{отвор}$ на един отвор на впръсквача:

$$(6) \quad S_{отвор} = \frac{S_{впръсквач}}{n_{отвор}}$$

където: $n_{отв}$ е броя отвори на впръсквача.

В конкретния случай се приема, че впръсквача е изработен с 6 отвора. В този случай $S_{отв}=2.16751.10^{-9} \text{ m}^2$.

2) Диаметър на впръсквача

Изчислява се диаметъра $d_{отвор}$ на един отвор на впръсквача:

$$(7) \quad d_{отвор} = \sqrt{\frac{4S_{впръсквач}}{\pi}}, \text{ m.}$$

$$d=5.25467.10^{-5} \text{ m} \approx 0,05 \text{ mm.}$$

Изчислените параметри на хидроелектронния впръсквач се използват като базови стойности при разработването на електронната управляваща програма в електронния блок за управление. Тези стойности служат за разпознаване и автокалибриране на впръсквача. Въвеждането на параметрите се извършва с помощта на EoL (end of line) програмиране, след което ДВГ напуска конвейера и се насочва за изпитване и въвеждане в експлоатация.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представена е методика за изчисляване на хидравличните параметри на хидроелектронни впръсквачи за директно впръскване на дизелово гориво.

Предложени са критериите максимален дебит на горивото $Q_{m,max}$ и максимално общо сечение на отворите на един впръсквач $S_{впръсквач,max}$ за изчисление на хидроелектронните впръсквачи, които могат да се използват и при изчисляването на други конструкции впръсквачи от дизеловите горивни уредби.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Венцеслав Маджирски Механика на флуидите, Техника, 1991
- [2] Мариан Мутафчиев Ръководство за курсово проектиране на двигатели с вътрешно горене, ВТУ „Т.Каблешков“ ISBN 987-954-12-0198-5
- [3] Bozhkov S. Approach of Calculating the Automotive Gasoline Injector Electromagnetic Parameters, International Scientific Journal "Trans Motauto World", Print ISSN 2367-8399, Online ISSN 2534-8493, Year IV, Issue 3/2019, pp.91-94, Scientific technical union of mechanical engineering "Industry - 4.0", 2019
<https://stumejournals.com/journals/tm/2019/3/pdf>
- [4] Konrad R. Diesel Engine Management. ISBN 978-3-658-03980-6, Springer Vieweg, 2014
- [5] Service Information System Media Number: RENR7597, Caterpillar Inc.

METHOD OF DEFINING THE HYDRAULIC ELECTRONIC INJECTOR PARAMETERS

Slavcho Bozhkov¹, Marian Mutafchiev¹, Emil Georgiev²
stbozhkov@vtu.bg, marian_mutafchiev@abv.bg, egeorgiev@eltrakbulgaria.com

¹*Todor Kableshkov University of Transport
158 Geo Milev str., 1574 Sofia
THE REPUBLIC OF BULGARIA*

²*Eltrak Bulgaria Ltd.
439 Evropa Blvd., 1331 Sofia
THE REPUBLIC OF BULGARIA*

Key words: methodology, injector, parameters, ICE

Abstract: Hydro-electronic injectors are actuated by an electromagnet and inject fuel into the cylinders at the appropriate injection pressure, which is provided by an external hydraulic (oil) pump and a multiplier piston located internally in the injector. They must ensure a precise fuel metering according to the engine operating mode. The condition for precise dosing is the correct selection and calculation of the hydraulic parameters of the injectors such as injection pressure, diameter and number of injection holes, location of the injection holes, etc. Therefore, the optimization of the hydraulic parameters of the injectors has a direct impact on the efficiency of the internal combustion engine. The methodology for determining the hydraulic parameters of hydroelectric injectors is based on the indicators from the calculation of internal combustion engines, such as fuel consumption, fuel cycle, injection time, etc. The characteristics of the cyclic fuel quantity depending on the engine load are constructed, as well as the characteristics of the injection time from the engine crankshaft speed. These characteristics are used as a starting point for determining the maximum portion of fuel and the time for its injection. The injection pressure and the injection section are determined accordingly. This determines the number and location of the injection holes. The obtained data are used to build the electronic control program.