

Изследване влиянието на колебанията на налягането в горивния акумулатор върху цикловата порция гориво на дизелов двигател

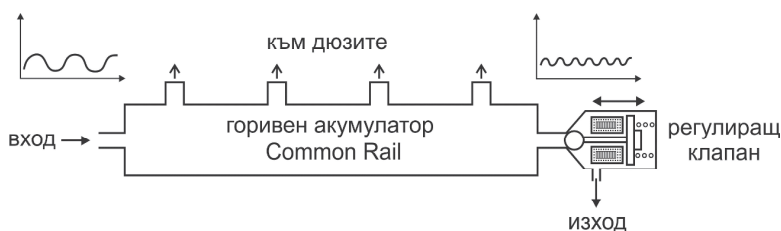
Трифон Узунтонов, Сергей Белчев

The scientific publication examines the oscillation processes of the pressure in the fuel accumulator of the system Common Rail. The sources of these processes are analyzed. With the help of test stand Rabotti TEC 100 are simulated various typical modes of the engine operation. A quantitative relationship was established between the amplitudes of the oscillation process and the cyclic portion of fuel supplied from the injector to the engine cylinder. By using additional experiments has been sought the influence of the wave phenomena, which are activated by the cyclic operation of the separate injectors and also the influence of these wave phenomena over the general oscillation process.

Key words: Common Rail system, fuel accumulator, oscillation process in the fuel accumulator.

ВЪВЕДЕНИЕ

Повечето конструкции помпи за високо налягане в системата Common Rail имат три помпени елемента, които се задвижват последователно от ексцентрично лагерирана гърбица. Това поражда пулсации на налягането в горивния акумулатор. Те могат да бъдат намалени до голяма степен чрез демпфиращото действие на регулиращия клапан за високо налягане в края на горивния акумулатор, фиг. 1.



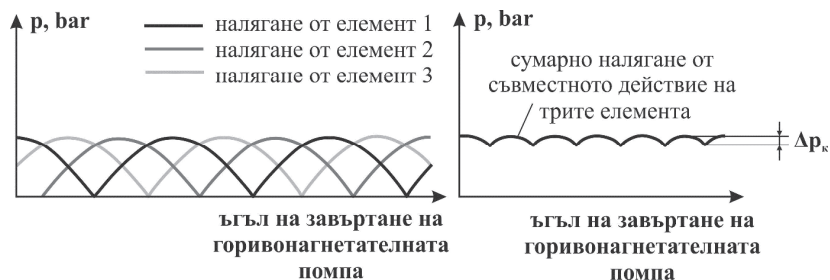
фиг.1

Въпреки това, колебанията на налягането съществуват и е необходимо да бъдат взети мерки за ограничаване на тяхното влияние върху процеса на горивоподаване.

В доклада е изследвана амплитудата на колебанията в налягането в горивния акумулатор и нейното влияние върху цикловата порция гориво Q_c , mm^3 , подавана в цилиндъра на двигателя при различни режими на работа.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Изследването на колебателните процеси на налягането е проведено на специализиран стенд на фирмата Rabotti TEC100 за изпитване на помпи за високо налягане. Обект на изпитанията е горивонагнетателна помпа Bosch 0 445 010 078 от вида CP2. Подобно на останалите конструкции помпи за високо налягане, всяко нейно нагнетателно буталце извършва синусоидален ход, при което ходовете са с разместени фази. Върховете на фазите на трите нагнетателни елемента формират колебанията на налягането в горивния акумулатор, фиг. 2.



фиг. 2

В случай, че промяна на налягането (породена от отнемане или добавяне на гориво) настъпва достатъчно бавно, тези промени се предават в целия обем и по този начин в него се реализира квазистационарно изменение на налягането. Такъв е случай с подаване на гориво от помпата за високо налягане и неговото отвеждане от регулатора на налягане. Амплитудата Δp_k на квазистационарните промени зависи от постъпилото и отнетото количество гориво, общия обем на системата за високо налягане, абсолютното налягане в системата, температурата на горивото и др.

Освен описаните явления, в частта за високо налягане на горивна система Common Rail е възможна появата на вълнови явления. Те възникват в резултат на рязката промяна на налягането, породена от внезапното отнемане на гориво при впръскване на някоя дюза. Вълните на налягане се разпространяват със скоростта на звука в съответната среда. Този процес допълнително влияе върху колебателните явления в затворения обем на горивния акумулатор. Неговият сумарен обем, както и на свързаните с него тръбопроводи за високо налягане, е значително по-голям от максималната циклова порция, която периодично се впръсква в цилиндъра на двигателя. Изменението на налягането Δp_w , породено от внезапното впръскване на гориво, може да се определи от зависимостта:

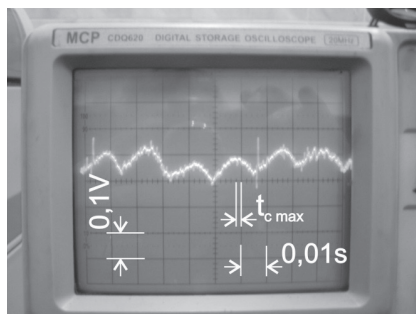
$$\Delta p_w = \frac{\kappa Q_c}{V_c}, \text{ bar} \quad (1)$$

$\kappa = f(p, T)$ – обменен модул на съгъстяване, който се дефинира като необходимо налягане за намаляване на обема на флуида два пъти, bar

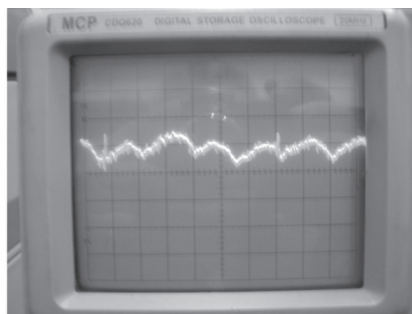
Q_c – обем на впръскваното количество гориво, mm^3

V_c – общ обем на системата за високо налягане, mm^3

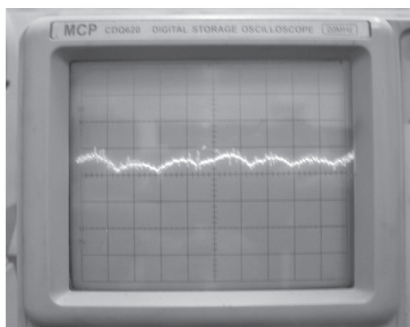
Задачата на проведеното изследване е установяване на влиянието на описаните колебания на налягането в горивния акумулатор и възникналите вълнови явления върху цикловата порция, подавана в цилиндъра на двигателя. За тази цел са симулирани три режима на налягане в горивния акумулатор: 1350, 800 и 250 bar. Те съответстват на основните режими на работа на горивната система: MAXIMUM VALUE, MEDIUM VALUE и LOW SPEED. На фиг. 3 са показани осцилограмите на регистрираните колебания на налягането за описаните режими.



MAXIMUM VALUE
 $\Delta p = 0,10V$



MEDIUM VALUE
 $\Delta p = 0,08V$

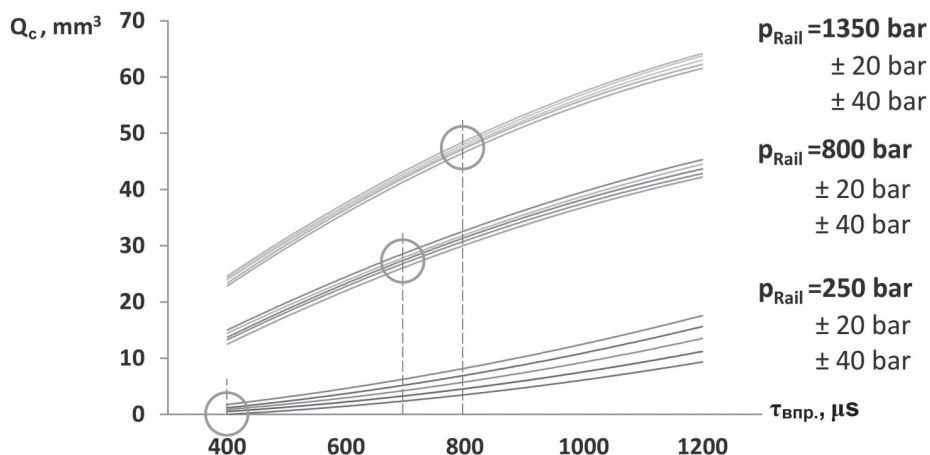


LOW SPEED
 $\Delta p = 0,05V$

фиг. 3

С помощта на предварително установена тарировъчна зависимост са определени сумарните амплитуди на налягането $\Delta p = \Delta p_k + \Delta p_w$, както и техните относителни стойности спрямо абсолютното налягане. Те са посочени към съответните графики. Според предварителните анализи по-големи колебания се получават при по-високи налягания в горивния акумулатор. Това напълно се потвърждава от представените резултати. Същевременно относителната стойност на амплитудите на колебания се запазват приблизително еднакви за всички режими на работа на горивната система.

За да бъде намерена връзка между колебанията на налягането в горивния акумулатор и цикловата порция гориво са проведени допълнителни експерименти. С помощта на изпитватия стенд Rabotti TEC 100 са симулирани близки налягания в околността на основните режими. Например за режима MAXIMUM VALUE, който се характеризира с $p_{\text{Common Rail}} = 1350\text{bar}$ и точно фиксирана продължителност на управляващия импулс, са определени цикловите порции за следните налягания в горивния акумулатор: 1350bar , $1350 \pm 20\text{bar}$ и $1350 \pm 40\text{bar}$. По аналогичен начин е постъпено и за останалите режими на работа. На фиг. 4 са показани получените графични зависимости. С кръг са обозначени работните точки в режимното поле на дюзата, които съответстват на плана за изпитване на дюзата.



фиг. 4

Този подход дава възможност за оценка на степента на влияние на нежелателния процес на колебателни явления върху цикловата порция гориво. Разсейването на резултатите има линеен характер, което спомага за по-лесното определяне на отклоненията на стойностите на Q_c . В табл.1 са показани обобщените резултати от проведените стендови изпитвания и обработка на получените резултати. Абсолютните и относителните стойности на отклоненията на наляганията в горивния акумулатор и цикловата порция гориво се отнасят за работните точки, обозначени на фиг. 4.

$p_{\text{Common Rail bar}}$	250	800	1350
$\tau_{\text{впр.}, \mu\text{s}}$	400	700	800
$\Delta p, \text{bar}$	23,6	37,8	47,2
$\Delta p, \%$	9,4	4,7	3,5
$\Delta Q_c, \text{mm}^3$	0,7	1,8	1,9
$\Delta Q_c, \%$	5,1	4,1	3,0
$Q_{c \text{ max}}, \text{mm}^3$	13,5	44	63,9

табл. 1

За да може да се анализира отделното влияние на колебанията на налягането, предизвикано от цикличното действие на помпата за високо налягане и от вълновите явления в горивния акумулатор, е проведен експеримент, представен на фиг. 5.



фиг. 5

На горната осцилограма са регистрирани колебателните явления за точно фиксиран режим на работа на горивната система (налягането в горивния акумулатор е постоянно) с работеща експериментална дюза. Измерването е направено с помощта на вградения в горивния акумулатор датчик за отчитане на налягането. На долната осцилограма са отчетени колебателните явления в същия момент, но в края на тръбопровода за високо налягане, където се очаква най-силно проявление на вълновите явления в системата. Въпреки това няма съществена разлика в амплитудите на изменение на налягането Δp . Следователно тези процеси не могат да бъдат регистрирани от датчика за отчитане на налягането и не влияят съществено върху целия колебателен процес в горивния акумулатор.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В резултат на теоретичния анализ и проведените експериментални изследвания, могат да бъдат направени следните изводи:

1. Колебанията на налягането в горивния акумулатор на системата Common Rail оказват влияние върху цикловата порция гориво, която се подава в цилиндъра на двигателя. Това влияние нараства пропорционално с повишаване на абсолютното налягане в системата и продължителността на управляващия импулс и достига до 5,1%.
2. Колебателните процеси се предизвикват основно от цикличното подаване на гориво от помпата за високо налягане към горивния акумулатор. Вълновите явления, породени от подаването на гориво през дюзите оказват незначително въздействие на амплитудата на колебателния процес Δp .
3. Във всички случаи е задължително съгласуването въртене на колянния вал и горивонагнетателната помпа, за да се гарантира подаване на горивото в цилиндрите на двигателя в една и съща фаза на колебателния процес.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Hammer J., Binder A., "Einspritztechnik", Teil 1, Universität Stuttgart 2011;
- [2] Dieselmotor – Management, Robert Bosch GmbH, Stuttgart 2004;
- [3] Baumgarten C., "Mixture Formation in Internal Combustion Engines", Berlin 2006.

За контакти:

Доц. д-р Трифон Узунтонов, Катедра "Транспортна техника и технологии", ТУ-Варна, e-mail: uzuntonev_trifon@abv.bg

Доц. д-р Сергей Белчев, Катедра "Транспортна техника и технологии", ТУ-Варна, тел: 052 383226, e-mail: sergtu@abv.bg

Докладът е рецензиран.



РУСЕНСКИ УНИВЕРСИТЕТ „АНГЕЛ КЪНЧЕВ”
UNIVERSITY OF RUSE „ANGEL KANCHEV”

ДИПЛОМА

Програмният комитет на
Научната конференция RU&SU'15
награждава с КРИСТАЛЕН ПРИЗ
“THE BEST PAPER”

доц. д-р ТРИФОН УЗУНТОНЕВ и
доц. д-р СЕРГЕЙ БЕЛЧЕВ
автори на доклада

“Изследване влиянието на колебанията на налягането в
горивния акумулатор върху цикловата порция гориво
на дизелов двигател”

DIPLOMA

The Programme Committee of
the Scientific Conference RU&SU'15
Awards the Crystal Prize
"THE BEST PAPER"

to Assoc. Prof. TRIFON UZUNTONEV, PhD and
Assoc. Prof. SERGEJ BELCHEV, PhD
authors of the paper

“Research the influence of fluctuations pressure in
fuel accumulator on the cycle quantity of diesel fuel”

РЕКТОР
RECTOR

Чл.-кор. проф. д.т.н. Христо Белоев
Prof. DSc Hristo Beloev

10.10.2015