

Конструктивни особености на неразделни горивни уредби за дизеловите двигатели на автомобилите Volkswagen

Николай Йорданов, Кирил Хаджиев, Емилиян Станков

Constructional features of fuel systems PDE-P1.1, PDE-P2 and PPD 1.1 in the diesel engines of Volkswagen AG: *The article discusses the development of the construction of undivided fuel system unit/pump. It explains the main features of unit/pump such as the need of improving the structures.*

Key words: *Pump unit, Diesel engines, Emission pollutions, retraction piston, check valve*

ВЪВЕДЕНИЕ

Изискванията към съвременните дизелови двигатели по отношение на мощност, горивна икономичност, ниско съдържание на вредни вещества в отработилите газове, както и ниски нива на шума постоянно нарастват. За да се осигурят тези изисквания са необходими ефективни дизелови горивни уредби с високо налягане на впръскване, осигуряващи разпръскване на горивото с подходящи характеристики. Също така е необходимо да се осигури прецизен контрол на началото на впръскване и цикловата порция гориво.

Robert Bosch AG в сътрудничество с Volkswagen AG са разработили неразделна горивна уредба за 1.9 литров двигател. Двигателят с неразделната горивна уредба има 21% по-голям въртящ момент още при честота на въртене 1900 мин⁻¹ в сравнение с двигател с разделена горивна уредба със същия ходов обем.

Неразделната дизелова уредба тип Помпа-дюза е съчетание в една конструкция от помпа за високо налягане и хидромеханична дюза с управляващ клапан. Управлението на горивоподаването се осигурява от електронен блок за управление и изпълнителен електромеханичен клапан вграден в конструкцията на помпа-дюзата.

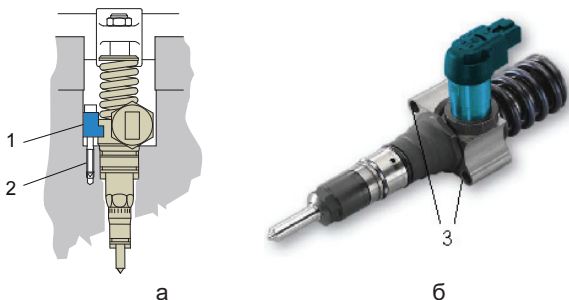
ИЗЛОЖЕНИЕ

Помпа-дюзата *PDE-P1* е оборудвана с електромагнитен управляващ клапан. Разположението на Помпа-дюзата, е като обичайното на дюзите от разделната горивна уредба, но тук цялата конструкция е под капака на цилиндровата глава, тъй като механичното задвижване на помпата се осъществява от допълнителен гърбичен профил на разпределителния вал.

Помпа-дюзата е монтирана в цилиндровата глава, проектирана с горивопровод за захранване с гориво и горивопровод за отвеждане на излишното гориво. Закрепването на конструкцията е осигурено от едностранно разположена скоба натегната към цилиндровата глава чрез винт (фиг. 1а). Изискванията за монтаж на този тип конструкция налагат допълнителни регулировъчни дейности за положението спрямо цилиндровата глава и разстоянието помежду им.

В процеса на експлоатация се получава деформация на отвора в цилиндровата глава, което след пробег от 200-250 хил.км нарушава плътността между помпа-дюзата и цилиндровата глава. Тази повреда причинява затруднено пускане на двигателя, неравномерен празен ход, разреждане на моторното масло с дизелово гориво.

Този недостатък на монтажа е отчетен от производителя, и са разработени нови конструкции помпи дюзи *PDE-P2* и *PPD1.1*, като закрепването е осъществено с два симетрично разположени винта, преминаващи директно през корпуса на помпа-дюзата (фиг. 1б). С това отказите в процеса на експлоатация в следствие нарушена плътност между цилиндровата глава и помпа-дюзата са отстранени.



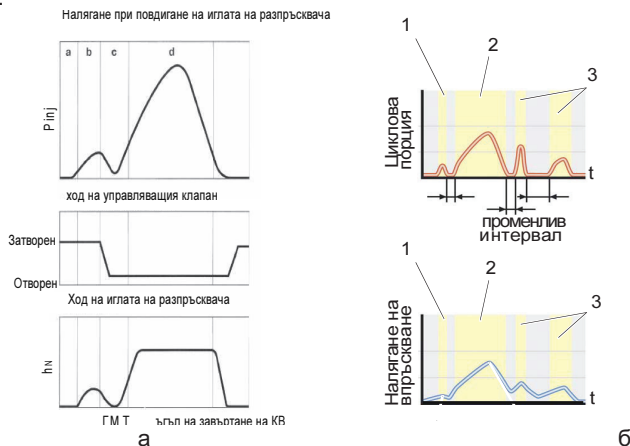
Фиг.1. Монтаж на Помпа-дюза: а-тип PDE – P1; б-тип PDE-P2 и PPD1.1; 1-скоба; 2-винт; 3-отвори за винтове.

Габаритните размери на конструкцията, както и начина на закрепване на PDE-P2 и PPD 1.1 към цилиндровата глава са еднакви.

Помпа-дюзата с пиезоелектричен клапан PPD 1.1 е усъвършенстван вариант на PDE-P2 с електро-механичния клапан. Предимство на пиезоелектричния клапан е по-голямото му бързодействие.

Разгледаните конструкции неразделни горивни уредби с електронно управление, позволяват многофазово управление на впръскването. Благодарение на това се постига ниска степен на повишаването на налягането при горенето, което води до намаляване на шума от горивния процес и температурата на горене за ограничаване образуването на NOx. Същевременно се създава изключително високо налягане на впръскване през основната фаза на горивоподаване, достигащо до 205 MPa за PDE-P1,P2 и до 220 MPa за PPD 1.1.

Характеристиката на горивоподаване на PDE-P1 е двуфазна (фиг. 2а), а на PDE-P2 е многофазна (фиг. 2б). Допълнителните фази на горивоподаване се изискват за намаляване на количеството на дисперсните частици при двигатели оборудвани със саждев филтър в изпускателната система, както и за активната му регенерация.

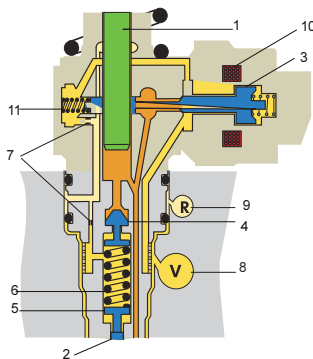


Фиг.2. Характеристики на горивоподаване: а-двуфазно; б-многофазно; 1-предварителна; 2-основна; 3-допълнителна.

За да бъде горивния процес с по-ниска степен на повишаване на налягането, е необходимо малко количество гориво да бъде впръснато преди основното количество гориво. Изгарянето на това малко количество увеличава температурата

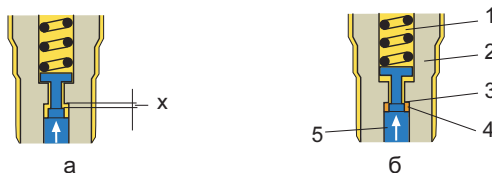
в горивната камера, намалява продължителността на периода на задържане на самовъзпламеняването, шума от горивния процес и количеството на азотните окиси.

Управлението на предварителното впръскване при Помпа-дюза PDE-P1 и PDE-P2 Bosch се осъществява електро-хидро-механично посредством управляващия електромагнитен клапан и ограничителното бутало (фиг. 3).



Фиг.3 Устройство на PDE-P1: 1-Бутало; 2-игла на разпръсквача; 3-Игла на управляващия клапан; 4-Ограничително бутало; 5-Забавящо бутало; 6-Пружина; 7-Дроселиращи отвори; 8- Горивоподаваща линия; 9-Линия за излишно гориво; 10-Бобина на управляващия клапан; 11-Пружина на управляващия клапан.

В първата третина от целия цикъл (фиг. 4а), иглата се отваря без забавяне. С навлизането на забавящото бутало 5 в корпуса на дюзата, горивото над иглата може единствено да измести пружината, с което се ограничава горивоподаването по времето на предварителното впръскване.



Фиг.4 Ход на буталото: а-без забавяне; х-ход без забавяне; б-със забавяне; 1-Камера на пружината; 2-Тяло на корпуса; 3-Хлабина за изтичане; 4-Хидравлично демпфиране; 5-забавен ход.

Предварителното впръскване завършва непосредствено след като иглата се отвори. Нарастващото налягане премества ограничителното бутало, като се увеличава обема на камерата за високо налягане, налягането намалява и иглата на разпръсквача се затваря. Преместването на ограничителното бутало- поз.4 (фиг 3), свива пружината, така че последващото отваряне на иглата по време на основна порция се осъществява при по-високо налягане.

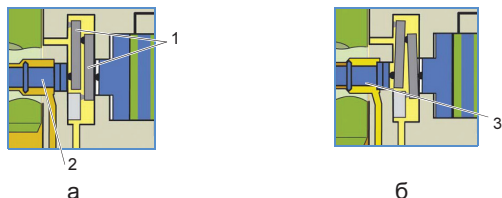
По-високото налягане на впръскване на горивото, осигурява фино и равномерно раздробяване на горивото. Това увеличава ефективността на горенето и намалява вредните вещества в изпусканите газове.

По време на основната фаза, налягането нараства веднага след като управляващия клапан се затвори. Той остава затворен докато буталото на помпата се движи надолу. При налягане на горивото около 30 МПа, хидравличната сила става по-голяма от силата на пружината, иглата се повдига и се впръсква основната порция гориво. Налягането на впръскване нараства до 180 – 205 МПа.

При отварянето на управляващия клапан налягането в помпения елемент намалява и иглата на дюзата се затваря.

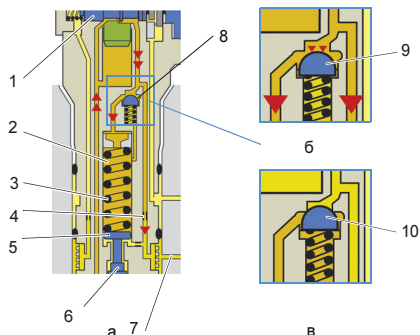
Помпа-дюзата PDD 1.1 с пиезоелектричен клапан е без ограничително бутало, обемът на камерите за високо налягане е намален, а бързодействието на управлението на дюзата нараства четири пъти спрямо това на първата конструкция. Намаляването на обема на камерите за високо налягане позволява да бъде намален диаметърът на буталото на помпата, а с това и шума при работата ѝ.

При активиране, пакетът пиезокристали на клапана променя своя размер само с 0,04 мм. Необходимостта от 0,1 мм преместване на иглата на управляващия клапан се осъществява чрез използване на преобразувател на хода (фиг. 5) представляващ лостова система.



фиг.5 Състояние на преобразувателя: а-незадействан;1-лостове; 2-игла на управляващия клапан в свободна позиция; б-задействан; 3-игла на управляващия клапан в задействана позиция.

Необходимостта от различно налягане на отваряне на иглата на разпръсквача при предварителната и основната порция гориво, както и бързото и затваряне при всяка фаза от горивоподаването се осъществява от контролен клапан и затварящо бутало показани на фиг. 6



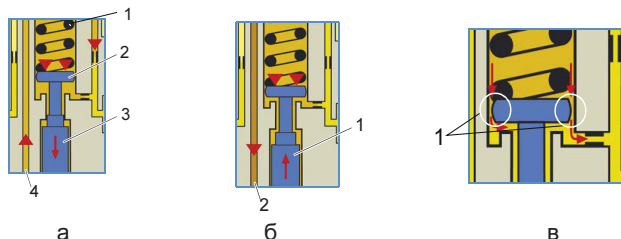
Фиг.6 Устройство на контролния клапан: а-общ изглед; б-отворен контролен клапан; в-затворен контролен клапан; 1-игла на упр. клапан; 2-камера на пружината; 3-пружина; 4-дроселиращ отвор; 5-затварящо бутало; 6-игла на разпръсквача; 7-горивоподаваща линия; 8-контролен клапан; 9-отворено положение; 10-затворено положение.

В края на всяка фаза, пространството около пружината на разпръсквача е запълнено с гориво под високо налягане. Контролният клапан се отваря от високото налягане и освобождава обем в пространството около пружината на разпръсквача.

Когато горивоподаването приключи, пространството около пружината на разпръсквача е запълнено с гориво под високо налягане. Това гориво натиска отново затварящото бутало за да спомогне да се затвори иглата на разпръсквача по-бързо (фиг.7а).

Връщането на гориво с високо налягане обратно в пространството около пружината след завършване на фазата на горивоподаване спомага за последващата фаза. Допълнително това налягане увеличава притискащата сила действаща върху иглата. Така се увеличава налягането при което се отваря иглата в следваща фаза (фиг.7б).

Предварителната порция трябва да бъде впръскната при ниско налягане. Затова след като завърши пълния цикъл на горивоподаването е необходимо да бъде намалено налягането в пространството около пружината на иглата на разпръсквача. Това се постига, чрез дроселираща хлабина на затварящото бутало (фиг. 7в). В следващия цикъл на горивоподаване, предварителното впръскване се осъществява при ниско налягане на впръскване.



фиг.7 Действие на затварящото бутало: а-затваряне; 1-пружина; 2-затварящо бутало; 3-затваряне на иглата; 4-намаляване на налягането; б-отваряне; 1-отваряне на иглата; 2-увеличаване на налягането; в-дроселиране;1-дроселираща хлабина.

С движението на буталото нагоре, камерата за високо налягане се запълва с гориво от горивоподаващата линия, управляващия клапан не е задействан. При движението на буталото надолу с висока скорост, благодарение на профила на гърбицата на разпределителния вал, горивото се нагнетява, едновременно с това се задейства управляващия клапан, иглата на клапана затваря и горивото започва бързо да повишава налягането си. При налягане от 130 бара, силата е по-голяма от силата на пружината на разпръсквача.

При движението на иглата нагоре, благодарение на хидравлично демпфериране, е възможно да бъде отмерена прецизно предварителната порция гориво. Фазата завършва с отваряне на управляващия клапан. Налягането на горивото намалява и иглата на разпръсквача се затваря.

В зависимост от режима на работа, блокът за управление на двигателя може да задейства една или две фази на предварително впръскване.

При основната фаза на горивоподаване, буталото все още се движи надолу, управляващия клапан се затваря, налягането нараства отново. Допълнително действа и силата от налягането в камерата за високо налягане върху затварящото бутало. Това е остатъчното налягане от предварителната фаза на горивоподаването. Налягането на впръскване в тази фаза нараства до 220 МПа при максимална мощност на двигателя.

Впръскването завършва с отварянето на иглата на управляващия клапан. Горивото под високо налягане се пренасочва към горивоподаваща линия и камерата за високо налягане. Иглата на разпръсквача се затваря под силата на пружината и затварящото бутало. Същевременно част от горивото се дроселира към линията за обратно гориво.

Допълнителните фази на горивоподаване се управляват по същия начин като основната фаза. Разликата е в продължителността и количеството на порцията гориво. Допълнителните фази се задействат в режим на активна регенерация на филтъра за дисперсни частици.

В Таблица 1 е представено сравнение на техническите характеристики на трите типа помпи-дюзи.

Таб. 1 Технически характеристики на PPD1.1, PDE-P2 и PDE-P2

Характеристики	Помпа-дюза с пиезоелектричен клапан (PPD 1.1)	Помпа-дюза с електромеханичен клапан (PDE-P2)	Помпа-дюза с електромеханичен клапан (PDE-P1)
Диаметър на буталото [mm]	6.35	8	8
Минимално налягане на отваряне на впръскване (бар)	130	160	180
Максимално налягане на впръскване (bar)	2200	2050	2050
Брой предварителни впръсквания	0-2 (променливо)	1 (постоянно)	1 (постоянно)
Брой допълнителни впръсквания	0-2 (Променливо)	0 или 2	0
Разстояние между предварителната, основната и допълнителната фаза (° завъртане на колянвия вал)	➤ 6 (променливо)	около 6-10 (постоянно)	около 6-10 (постоянно)
Количество на предварителната порция (mm ³)	Променливо (над 0.5)	Приблизително 1-3	Приблизително 1,5
Управление на предварителната порция гориво	Пиезоелектричен клапан (електрически)	Ограничителен клапан (хидро-механично)	Ограничителен клапан (хидро-механично)
Увеличаване налягането на основната порция гориво	Затварящо бутало/контролен клапан	Ограничително бутало	Ограничително бутало

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Развитието на конструкцията на неразделната горивната уредба тип Помпа-дюза, позволява прилагане на по-гъвкаво управление и подобряване характеристиката на горивоподаването.
2. Приложението на пиезоелектрически клапан и намалението на обемите в помпа-дюзата увеличава бързодействието и позволява по-голям брой допълнителни впръсквания.
3. Възможността за впръскване на гориво с допълнителните фази на горивоподаването позволява оборудване на изпускателната система с филтър за дисперсни частици и провеждане на периодична регенерация.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] SSP, 1.9-ltr. TDI Engine with Pump Injection System, 940.2810.28.20 Technical status: 12/98
- [2] SSP, Unit Injectors with Piezo Valves, 000.2811.66.20 Technical status 03/2005
- [3] Грехов Л. В., Н. А. Иващенко, В. А. Марков, Топливная аппаратура и системы управления дизелей ЗАО „Легион-Автодата“, 2004
- [4] Л.В.Грехов, И.И.Габитов, А.В.Неговора, Конструкция, расчет и технический сервис топливopодaющих систем дизелей, Москва Легион Автодата 2013
- [5] И.И.Габитов, Л.В.Грехов, А.В. Неговора. Техническое обслуживание и диагностика топливной аппаратуры автотракторных дизелей: Учебное пособие. Уфа: Изд-во БГАУ, 2008
- [6] В.Н. Наумов, Р.М. Байтимеров, Ю.Д. Погуляев, Расчетное исследование систем топливopодaчки с насос-форсунками, УДК 621.436.658.589

За контакти:

маг.инж. Николай Йорданов, Катедра “ Двигатели и транспортна техника ”,
Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082-888 231, e-mail:
nyordanov@uni-ruse.bg

Докладът е рецензиран.