

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Разлейцев Н.Ф. Касита А.М. Кинетические особенности процессов сгорания в форсированных дизелях и методы приближенного их описания / Двигатели внутреннего сгорания. - 1989. - Вып.49. - С. 48-56. 2. Кухаренок Г.М., Петрученко А.Н. Повышение эффективности использования воздушного заряда дизеля // Состояние и перспективы развития науки и подготовки инженеров высокой квалификации в БГПА: Материалы международной 51-й НТК БГПА- Минск, 1995. - С.77-78.

УДК 621.436.2/3

Г.М. КУХАРЕНОК д-р техн.наук  
В.В. ТРИКОЗЕНКО (БГПА)

### **ВЛИЯНИЕ СТУПЕНЧАТОГО ВПРЫСКА ТОПЛИВА НА ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ДИЗЕЛЯ**

Экономичность дизеля определяется степенью совершенства процессов смесеобразования и сгорания. Существенное влияние на эти процессы оказывают параметры топливного насоса и форсунки. Представляют практический интерес исследования по созданию аппаратуры, обеспечивающей разделенный впрыск топлива [1,2]. Наиболее доступным способом реализации разделенного впрыска топлива является применение двухпружинных форсунок. Целью работы была разработка опытной двухпружинной форсунки и определение влияния ступенчатого впрыска топлива на технико-экономические показатели дизелей 4Ч 11/12,5 с камерой сгорания ЦНИДИ.

Конструкция опытной форсунки, обеспечивающей ступенчатый впрыск топлива, разработана совместно с Вильнюским заводом топливной аппаратуры. Чертеж форсунки представлен на рис. 1. Она имеет две пружины, определяющие давление впрыска первой и второй ступени. Ход иглы в первой ступени лимитируется зазором - А, во второй ступени - Б. Давление впрыскивания в первой ступени определяется усилием сжатия слабой пружины 1, давление во второй – сильной пружины 2. Давление сжатия слабой пружины регулируется прокладками 3, сильной – регулировочным винтом 4.

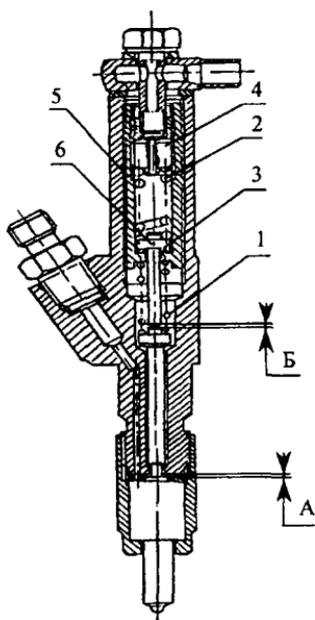


Рис.1 Двухпружинная форсунка

$P_2 = 25,0 - 30,0$  МПа.

3. Зазор Б = 0,05 мм.

Экспериментальные исследования производились на безмоторных стендах, одноцилиндровой установке и полноразмерных дизелях ММЗ. В процессе испытаний на двигателях снимались:

- регулировочные характеристики по углу опережения впрыска топлива;
- нагрузочные характеристики при  $n=2200$  мин<sup>-1</sup> и  $n=1600$  мин<sup>-1</sup>.

Методика проведения испытаний предусматривала определение экономичности и уровня шума дизеля, снятие индикаторных диаграмм и осциллографирование процесса топливоподачи.

Индицирование двигателей и осциллографирование процесса топливоподачи проводилось пьезокварцевым индикатором на номинальном режиме и режиме максимального крутящего момента. На этих режимах определялся уровень шума рабочего процесса прибором СМ-1000 фирмы "Лукас".

При обработке осциллограмм топливоподачи рассчитывалась максимальное давление впрыскивания топлива  $P_{\text{тmax}}$  и продолжительность впрыска  $\Phi_{\text{впр}}$ .

Влияние ступенчатого впрыска на динамические показатели двигателя оценивались по величине скорости нарастания давления  $\Delta P/\Delta \Phi$ ,

Регулировка давления впрыска отдельных ступеней производилась на ручном стенде. Обычным способом регулировалась слабая пружина. Отдельно регулировалась сильная пружина в сборе со стаканом 5 и штангой 6. Далее стакан устанавливался в корпус форсунки.

После регулировки опытная форсунка обеспечивала:

1. Давление срабатывания первой ступени  $P_1 = 18,5 - 19$  МПа.
2. Давление срабатывания второй ступени

максимального давления сгорания  $P_{\max}$ , угла опережения воспламенения  $\phi_v$ , продолжительности впрыска  $\phi_{\text{впр}}$ , и скорости активного теплоныде-ления  $\Delta X_i/\Delta \phi$ .

При обработке индикаторных диаграмм рассчитывалась также максимальная температура цикла  $T_{\max}$ , определяющая содержание окислов азота в отработавших газах.

Пример осциллограммы подъема иглы двухпружинной форсунки представлен на рис. 2. При работе двухпружинной форсунки на осциллограмме подъема иглы имеется характерный излом, свидетельствующий о наличии двух ступеней впрыска.

Результаты сравнительных испытаний форсунок даны в табл. 1.

Таблица 1

Результаты сравнительных испытаний форсунок

Частота вращения $n$ , мин <sup>-1</sup>	Серийная							Опытная						
	$P_{\max}$ , МПа	$T_{\max}$ , К	$P_b$ , МПа	$\eta_i$	$g$ , г/кВт ч	$\Delta X_i/\Delta \phi_i$	$L_e$ , ДБа	$P_{\max}$ , МПа	$T_{\max}$ , К	$P_b$ , МПа	$\eta_i$	$g$ , г/кВт ч	$\Delta X_i/\Delta \phi_i$	$L_e$ , ДБа
1200	8.18	2030	0.83	0.44	186.2	0.16	93.0	8.10	1999	0.83	0.43	190.2	0.13	93.0
2200	8.96	2190	0.90	0.48	171.9	0.25	97.5	8.20	2176	0.90	0.47	172.5	0.10	97.5

Реализация двухступенчатого впрыска по сравнению со штатной системой топливоподдачи несколько уменьшает динамические показатели цикла и уровень шума двигателя при сохранении топливной экономичности. При угле опережения впрыска топлива  $\theta \sim 20$  град. до в.м.т. и  $n=2200$  мин<sup>-1</sup> максимальное давление сгорания уменьшается на 17 %, жесткость сгорания на 22 %, уровень шума на 1,3 %.

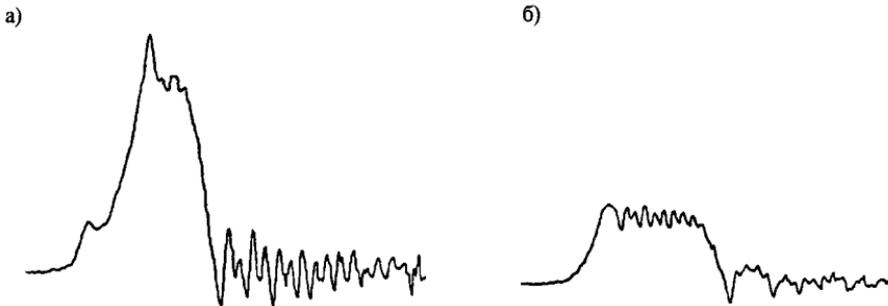


Рис. 2 Осциллограммы подъема иглы форсунок  
 $(P_e=0,65 \text{ МПа}, n=2200 \text{ мин}^{-1})$   
 а) двухпружинная форсунка б) штатная форсунка

Индикаторные диаграммы снятые при работе с различными форсунками приведены на рис. 3.

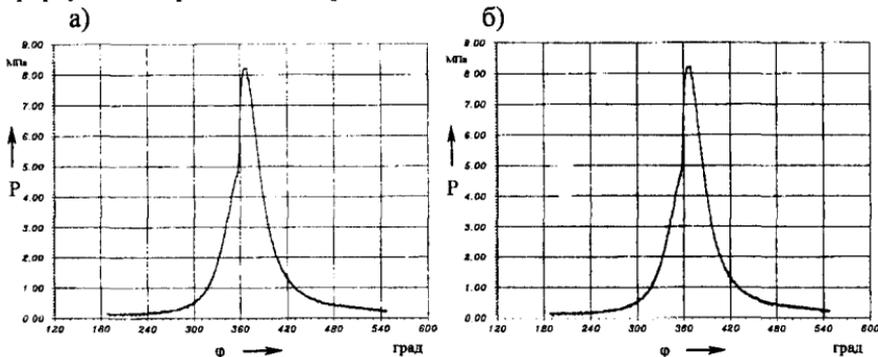


Рис. 3 Индикаторные диаграммы  
 $(P_e=0,65 \text{ МПа}, n=2200 \text{ мин}^{-1})$   
 а) двухпружинная форсунка б) штатная форсунка

Для двухступенчатой форсунки угол опережения впрыска топлива на 2 град. поворота коленчатого вала больше чем для штатной. Сравнение показателей рабочего цикла при оптимальных по условиям экономичности углах опережения впрыска топлива показывают, что при применении двухпружинной форсунки по сравнению со штатной обеспечивается практически одинаковый уровень экономичности дизеля на номинальном режиме и режиме максимального крутящего момента.

При работе дизеля с двухпружинной форсункой снижаются максимальное давление и температура цикла, а также скорость активного тепловыделения.

На номинальном режиме работы дизеля снижение  $P_{\max}$  составляет 8,5 %,  $T_{\max}$  - 0,7 %,  $\Delta X_i/\Delta\phi$  - 58 %. Меньшие значения  $T_{\max}$  для двухпружинной форсунки могут привести к уменьшению содержания окислов азота в отработавших газах.

Применение 2-х ступенчатой форсунки приводит к снижению шума сгорания на всех режимах, что связано с уменьшением  $P_{\max}$  и  $\Delta X_i/\Delta\phi$ . На номинальном скоростном режиме шум сгорания снижается на 0,5-1,5 Дба во всем диапазоне нагрузок. При  $n=1200 \text{ мин}^{-1}$  шум сгорания снижается на 1,5-5,5 Дба. Наибольшее снижение шума происходит на низких нагрузках. При этом следует отметить, что для 2-х ступенчатой форсунки все результаты по шуму получены при угле опережения впрыска топлива на 2 град. п.к.в. больше, чем для штатной форсунки.

Таким образом применение на дизеле 4Ч 11/12,5 опытной двухпружинной форсунки по сравнению со штатной:

- практически не изменяет удельный расход топлива;
- снижает динамические показатели рабочего цикла. На номинальном режиме снижение  $P_{\max}$  составляет 8,5 %,  $\Delta X_i/\Delta\phi$  - 58 %;
- на 1-2 % уменьшает уровень шума процесса сгорания на режимах полных нагрузок;
- уменьшает максимальную температуру цикла для исследованных режимов на 14-31 градус.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фанлейб Б.Н. Топливная аппаратура автотракторных дизелей: Справочник. - Л. : Машиностроение, 1990.
2. Лазарев Е.А., Арасв Б.Л., Пономарёв Е.Г. Эффективность разделённого впрыскивания топлива в тракторных дизелях с камерой сгорания ЦНИДИ. - Двигателестроение, № 11, 1990.