

Во время проведения опытов система охлаждения была заправлена антифризом марки 40, система смазки - маслом ДС-8.

В качестве топлива применялось дизельное топливо "З".

Продолжительность периода задержки воспламенения определялась по осциллограммам от момента первого подъема иглы форсунки до возникновения вспышки. Погрешность измерения этой величины не превышала  $1,8 \cdot 10^{-4}$  с.

Результаты определения влияния различной степени подогрева засасываемого воздуха средствами облегчения пуска на величину периода задержки воспламенения  $\tau_i$  представлены на рис. 1, а и б. Кроме этого, на рис. 1,б представлены также результаты определения влияния степени сжатия на период задержки воспламенения.

Анализ графиков показывает, что наименьший период задержки воспламенения наблюдается при установке электрокафельного подогревателя. Как видно из рис. 1,а, при частоте прокрутки  $200 \text{ мин}^{-1}$  длительность этого периода сокращается приблизительно в 5 раз по сравнению с соответствующим периодом без средств облегчения пуска.

Повышение степени сжатия на 2,2 единицы при прочих равных условиях позволило сократить длительность периода задержки воспламенения на  $1...3 \cdot 10^{-3}$  с. Для сравнения уместно отметить, что продолжительность периода воспламенения двигателя Д-240 на номинальном режиме ( $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$ ) составляет  $1 \cdot 10^{-3}$  с.

УДК 621.436

В.А.Рожанский, Г.М.Кухаренок,  
Д.М.Пинский

### ВЛИЯНИЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ СОПЛОВЫХ ОТВЕРСТИЙ РАСПЫЛИТЕЛЯ ФОРСУНКИ НА РАБОТУ ДИЗЕЛЯ Д-240

Топливная экономичность дизеля с камерой сгорания типа ЦНИДИ зависит от расположения топливных струй, которое определяет равномерность распределения топлива по камере, а также углы и место встречи струй со стенкой камеры сгорания.

В статье приводятся результаты анализа расположения топливных струй в камерах сгорания дизелей ММЗ и влияния количества топливных струй на показатели работы.

Расчет расположения топливных струй был проведен на ЭВМ "Наири" по методике, описанной в работе [1]. Расчет велся с учетом существующего в дизелях ММЗ смещения носка распылителя форсунки  $a = 1,6$  мм в сторону выпускного клапана и без учета этого смещения. Схема взаимного расположения камеры сгорания, форсунки и осей топливных струй приведена на рис. 1,б.

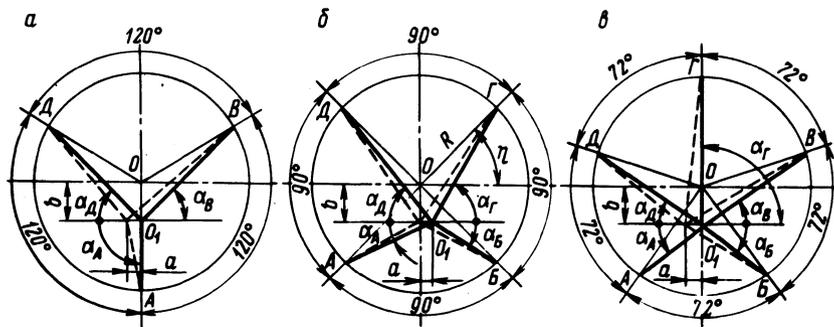


Рис. 1. Расчетные схемы расположения сопловых отверстий трех-, четырех- и пятидырчатых распылителей.

Анализ полученных данных показал, что при существующих углах расположения сопловых отверстий в вертикальной  $\varphi$  и горизонтальной  $\alpha$  плоскостях не обеспечивается оптимальное распределение топлива по камере сгорания (табл. 1).

Для обеспечения высоких показателей двигателей с камерой ЦНИДИ необходимо, чтобы вершина топливного факела попадала под кромку камеры сгорания вблизи от днища поршня [2]. С учетом угла конуса раскрытия факелов для струй А и Б, равного 10 градусам, а для струй Г и Д — 12 градусам, оптимальное место встречи осей струй А и Б со стенкой камеры сгорания получается равным 5 мм от днища поршня, а Г и Д — 6 мм.

Результаты расчета четырехдырчатых распылителей, обеспечивающих оптимальное распределение топлива по объему камеры сгорания, приведены в табл. 2.

Были проведены сравнительные испытания четырехдырчатых серийных и опытных распылителей, имеющих уточненные углы расположения сопловых отверстий. Исследовались одноцилиндровая установка и полноразмерный двигатель Д-240. Результаты испытаний на одноцилиндровой установке приведены на рис. 2, на полноразмерном двигателе — в табл. 3.

Из приведенных данных видно, что опытные распылители обеспечивают некоторое снижение расхода топлива на больших нагрузках.

Таблица 1. Расчет параметров топливных факелов серийных форсунок при смещении  $a = 1,6$  мм

Показатели	Отверстия							
	А		Б		Г		Д	
	Углы							
	$\varphi_p$	$\alpha_p$	$\varphi_p$	$\alpha_p$	$\varphi_p$	$\alpha_p$	$\varphi_p$	$\alpha_p$
Значение углов, град	68	32	68	32	52	51	52	51
Место встречи оси факела по высоте, мм	2,1		6,0		7,1		5,8	
Длина струи в момент встречи, мм	13,2		20,3		34,7		31,1	
Угол встречи струи со стенкой камеры сгорания, град	12,5		13,0		30,0		28,5	

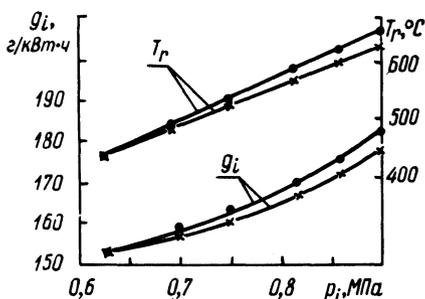


Рис. 2. Зависимость удельного индикаторного расхода топлива и температуры выхлопных газов от нагрузки при работе двигателя с четырехдырчатыми опытными и серийными распылителями:

• - серийные; x - опытные.

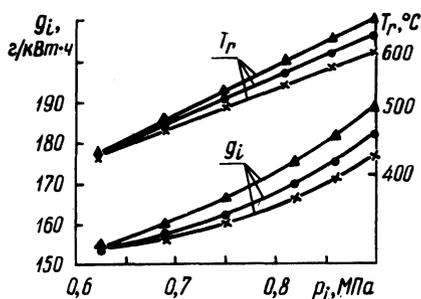


Рис. 3. Зависимость удельного индикаторного расхода топлива и температуры выхлопных газов от нагрузки при использовании трех- и пятидырчатых распылителей:

▲ - трехдырчатые; • - четырехдырчатые серийные; x - пятидырчатые.

Так, для полноразмерного двигателя Д-240 при  $N_e = 61,6$  кВт уменьшение удельного эффективного расхода топлива составляет  $3,4 \dots 4,1$  г/кВт·ч. Для одноцилиндрового двигателя при  $p_i = 0,9$  МПа и  $n = 2200$  об/мин удельный расход топлива

Таблица 2. Расчет четырехдырчатых распылителей

Показатели	Смещение а, мм	Отверстия							
		А		Б		Г		Д	
		Углы							
		$\varphi_p$	$\alpha_p$	$\varphi_p$	$\alpha_p$	$\varphi_p$	$\alpha_p$	$\varphi_p$	$\alpha_p$
Углы осей распыливающих отверстий	-1,6	69	17	65	21	52	60	54	54
	0	67	19	67	19	53	57	53	57
	1,6	65	21	69	17	54	54	52	60
Место встречи по высоте, мм	-1,6	4,7		4,9		5,9		5,9	
	0	4,8		4,8		5,9		5,9	
	1,6	4,9		4,7		5,9		5,9	
Длина струи в момент встречи, мм	-1,6	20,6		18,1		32,1		33,5	
	0	19,3		19,3		32,8		32,8	
	1,6	18,1		20,6		33,6		32,1	
Угол встречи струи со стенкой камеры сгорания, град	-1,6	18,0		14,0		31,0		32,5	
	0	16,0		16,0		32,0		32,0	
	1,6	14,0		18,0		32,5		31,0	

Таблица 3. Результаты испытания серийных и опытных четырехдырчатых распылителей

N <sub>e</sub> кВт	Серийные распылители				Опытные распылители			
	комплект № 1		комплект № 2		комплект № 1		комплект № 2	
	$g_{e,r}$ г/кВт·ч	$T_r, ^\circ\text{C}$						
55	235	515	234,8	500	232,5	500	232,5	500
57,2	236	540	234,8	520	232,5	520	233,5	520
59,4	237,5	560	236	540	233,5	540,	232,5	540
61,6	242	590	239	570	233	565	235,5	565

$g_i$  при работе на серийных распылителях равен 181 г/кВт·ч, а на опытных – 178 г/кВт·ч. По мере снижения нагрузки разница в удельных расходах топлива уменьшается. При  $p_i$  меньше 0,75 МПа удельные расходы топлива становятся практически одинаковыми. Это объясняется увеличением относительного количества топлива, распыленного в объеме камеры сгорания, и ростом коэффициента избытка воздуха при снижении нагрузки.

Для оценки влияния количества сопловых отверстий распылителя на показатели работы дизеля были спроектированы и изготовлены трех- и пятидырчатые распылители с оптимальным значением расположения углов сопловых отверстий. Схема расположения осей топливных струй этих распылителей в горизонтальной плоскости приведена на рис. 1, а, в. Величины углов распыливающих отверстий трехдырчатых распылителей равны: для струи А –  $\varphi = 71$  град;  $\alpha_p = 90$  град; для струй Б и В –  $\varphi = 55$  град,  $\alpha_p = 46$  град. Для пятидырчатых распылителей: для струй А и Б –  $\varphi = 68$  град,  $\alpha_p = 29$  град; для струй В и Д –  $\varphi = 56$  град,  $\alpha_p = 37$  град; для струи Г –  $\varphi_p = 50$  град,  $\alpha_p = 90$  град.

Зависимость удельного расхода топлива и температуры отработавших газов дизеля Д-240 от нагрузки при применении трех- и пятидырчатых распылителей с  $\mu f = 0,27 \text{ мм}^2$  приведена на рис. 3.

Как видно из графика, применение трехдырчатых распылителей увеличивает удельный индикаторный расход топлива во всем диапазоне нагрузок по сравнению с серийным. При  $p_i = 0,9$  МПа увеличение расхода составило 8 г/кВт·ч. Это связано, по-видимому с плохим распределением топлива по объему камеры сгорания.

Сравнение экономичности работы двигателя при использовании четырех- и пятидырчатых распылителей показывает, что применение пятидырчатых распылителей обеспечивает снижение удельного расхода топлива на больших нагрузках. На номинальном режиме это снижение по сравнению с опытными четырехдырчатыми распылителями составляет 1,4 г/кВт·ч, а по сравнению со штатными распылителями – 4,0 г/кВт·ч. Аналогичные зависимости получены при частоте вращения коленчатого вала, соответствующей получению максимального крутящего момента  $n = 1700$  об/мин. Уменьшение удельного расхода топлива при применении пятидырчатых распылителей, вероятно, связано с увеличением относительного количества

топлива, попавшего на стенку камеры сгорания, и более равномерным распределением топлива по камере.

Выводы. 1. Определены места встречи топливных факелов серийных распылителей со стенкой камеры сгорания и показано, что серийные распылители не обеспечивают оптимальное расположение топливных факелов в камере сгорания.

2. Определены оптимальные углы трех-, четырех- и пятидырчатых распылителей для двигателей ММЗ с камерой ЦНИДИ.

3. Установлено, что применение опытных четырехдырчатых распылителей взамен серийных улучшает экономичность двигателя. На номинальном режиме это улучшение составляет 3,0 г/кВт·ч.

4. Применение трехдырчатых распылителей ухудшает экономичность работы двигателя. Опытные пятидырчатые распылители улучшают экономичность двигателя на номинальном режиме по сравнению с серийными на 4,0 г/кВт·ч.

#### Л и т е р а т у р а

1. Пинский Д.М., Кухаренок Г.М., Рожанский В.А. Методика расчета расположения сопловых отверстий распылителей форсунки дизелей с камерой сгорания в поршне. - В сб.: Автотракторостроение. Вопросы оптимизации проектирования автомобилей, тракторов и их двигателей. - Минск, 1977, вып. 9.
2. Иванченко Н.Н., Семенов Б.Н., Соколов В.С. Рабочий процесс дизелей с камерой сгорания в поршне. - М., 1972.

УДК 629.114.2.032.1.073

Нгуен Динь Винь

#### К ОПРЕДЕЛЕНИЮ СИЛ И МОМЕНТОВ ТРЕНИЯ, ВЫЗВАННЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ МЕЖДУ ГУСЕНИЦАМИ И ГРУНТОМ ПРИ КРИВОЛИНЕЙНОМ ДВИЖЕНИИ

По литературным источникам известны функции трения, вызванные взаимодействием между опорными поверхностями гусениц и грунтом. Эти формулы были созданы на основании линейной зависимости между напряжением и деформацией грунта. Однако, как показывают исследования, функциональная зависимость между ними нелинейна. В настоящей работе сделана попытка уточнить формулы расчета сил и моментов трения.