

мента сопротивления двигателя при обработке соответственно выражения (2) или (8); $\Phi_{q_i}; M_c$ — расчетные значения q_i или M_c при конкретных значениях коэффициентов и независимых переменных.

Полученные выражения уточненного описания всережимного регулятора топливного насоса, методические описания топливоподающего блока и дизеля, а также предложенный путь экспериментально-теоретического определения значений коэффициентов, позволяют разработать математическую модель дизеля с САР частоты вращения, воспроизводящую расход топлива

ЛИТЕРАТУРА

1. К с е н е в и ч И.П., Т а р а с и к В.П. Системы автоматического управления ступенчатыми трансмиссиями тракторов. — М.: Машиностроение, 1979. — 280 с.
2. Конструирование и производство топливной аппаратуры тракторных дизелей/В.Г. Кислов, Э.И. Кошман, В.Я. Попов, и др. — М.: Машиностроение, 1971. — 302 с.
3. Л е н и н И.М. Теория автомобильных и тракторных двигателей. — М.: Машиностроение, 1969. — 368 с.
4. Л ь в о в с к и й Е.М. Статистические методы построения эмпирических формул. — М.: Высш. шк., 1982. — 224 с.

УДК 621.436

Г.М. КУХАРЕНОК, канд.техн.наук,
Д.М. ПИНСКИЙ (БПИ),
В.А. ПРЕСМАН (ММЗ)

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПЯТИСОПЛОВЫХ РАСПЫЛИТЕЛЕЙ НА РАБОТУ ДИЗЕЛЕЙ ММЗ

Экономичность рабочего цикла дизеля определяется эффективностью протекания процессов смесеобразования, самовоспламенения и сгорания. Значительную роль при этом играют распределение топлива в объеме воздуха и на стенке камеры сгорания.

Одним из путей улучшения показателей рабочего цикла дизелей Минского моторного завода является замена четырехсopловых распылителей форсунок ФД-22 пятисопловыми [1].

В статье приводятся результаты исследований по выбору параметров пятисопловых распылителей для дизелей ММЗ. Исследования выполнялись на одноцилиндровой установке БПИ и полноразмерных дизелях в ОГК ММЗ. Снимались регулировочные характеристики по углу опережения впрыска топлива, нагрузочные, скоростные и регуляторные характеристики. В процессе испытаний на одноцилиндровой установке с наддувом на каждом скоростном режиме давление и температура наддувочного воздуха при изменении нагрузки поддерживались постоянными и равными таким же параметрам для соответствующих скоростных режимов двигателя Д-240Т.

Параметры пятисопловых распылителей

Номер варианта	Угловое расположение сопловых отверстий, град φ — по вертикали, a — в плане				
	А	Б	В	Г	Д
	φ/a	φ/a	φ/a	φ/a	φ/a
I	62/8	70/90	62/8	52/57	52/57
II	68/38	68/38	56/29	49/90	56/29
III	68/29	68/29	56/37	50/90	56/37

Для проведения исследований были спроектированы и изготовлены на ВЗТА три варианта пятисопловых распылителей. Параметры их приведены в табл. 1. Все распылители имели эффективное сечение $\mu f = 0,25-0,26 \text{ мм}^2$, подъем иглы $h_{\text{и}} = 0,23^{+0,07} \text{ мм}$, диаметр вертикального канала $d_{\text{к}} = 1,2 \text{ мм}$.

Сравнительные испытания, проведенные на одноцилиндровой установке и полноразмерном двигателе Д-240 со штатными и тремя вариантами опытных распылителей, показали, что все пятисопловые распылители обеспечивают улучшение топливной экономичности двигателей (рис. 1). Наилучшие экономические показатели получены при работе с распылителями I варианта. Так, для номинального режима работы двигателя Д-240 распылители I варианта обеспечивают снижение удельного расхода топлива на 3,5–5 г/кВт·ч; II — на 2–3,5 г/кВт·ч, III — на 3,5 г/кВт·ч. На режиме максимального крутящего момента снижение расхода топлива составляет соответственно 11–13,5 кВт·ч, 5–6,5 и 10,5 г/кВт·ч. По мере снижения нагрузки разница в удельных расходах топлива штатных и опытных распылителей уменьшается.

Были проведены исследования по определению влияния гидравлического тракта, эффективного проходного сечения и

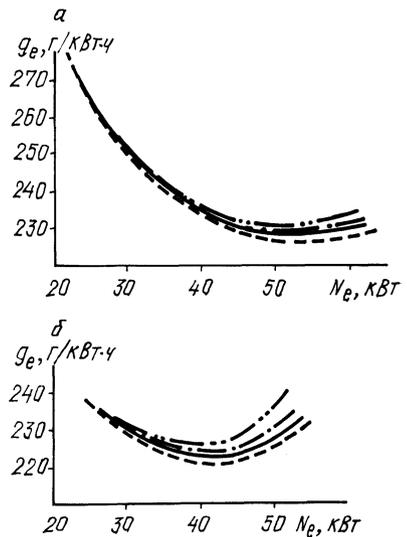


Рис. 1. Зависимость удельного расхода топлива двигателя Д-240 от нагрузки:

а) $n = 2200$ об/мин; б) $n = 1700$ об/мин; распылители: — — — серийный; — — — пятисопловый I варианта; — . — пятисопловый II варианта; — — — пятисопловый III варианта.

отклонений в угловом расположении сопловых отверстий опытных распылителей I варианта на показатели работы двигателей.

Для исследования влияния гидравлического тракта были изготовлены корпуса распылителей с диаметрами центрального канала 1,2 мм и 1,6 мм. К этим корпусам подобраны иглы с неподрезанными и подрезанными конусами. Результаты испытаний показали, что применение распылителей с $d_k = 1,6$ мм по сравнению с распылителями, имеющими $d_k = 1,2$ мм, ухудшает экономичность двигателей на номинальном режиме и режиме максимального крутящего момента на 1—2 г/кВт·ч. Установка иглы с подрезанным конусом взамен штатной не влияет на экономические показатели двигателей.

Для основного варианта пятисопловых распылителей определялось влияние эффективного проходного сечения на показатели рабочего цикла дизелей ММЗ. Эффективное сечение опытных распылителей лежало в пределах 0,24—0,31 мм². На рис. 2 представлена

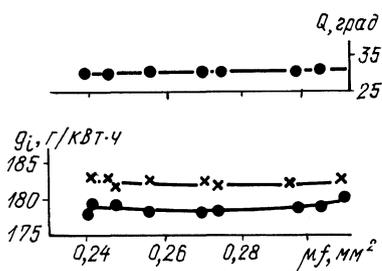


Рис. 2. Зависимость угла опережения впрыска топлива и удельного индикаторного расхода топлива от значения эффективного проходного сечения пятисопловых распылителей:

• — $n = 2200$ об/мин, x — $n = 1700$ об/мин.

$= 2200$ об/мин $g_i = 179$ г/кВт·ч, при $n = 1700$ об/мин — 183 г/кВт·ч. Для $\mu f = 0,308$ мм² расход топлива на номинальном режиме равен 180,5 г/кВт·ч.

По результатам исследований с учетом сохранения диаметра сверла 0,32 мм (как в четырехсопловом распылителе) для пятисопловых распылителей двигателя Д-240 рекомендовано $\mu f = 0,245—0,275$ мм².

Для таких распылителей проведены аналитические и экспериментальные исследования по определению влияния углового отклонения осей сопловых отверстий на параметры топливного факела и показатели рабочего цикла дизеля.

Расчет основных показателей топливного факела выполнялся по методике БПИ [2] с учетом действительного угла опережения

зависимость установочного угла опережения впрыска топлива θ и удельного индикаторного расхода топлива g_i от эффективного проходного сечения пятисопловых распылителей для двигателей без наддува. Приведенные данные показывают, что установочный угол опережения впрыска топлива θ с изменением μf в исследованном диапазоне не меняется и равен 28 град п.к.в. до ВМТ.

При увеличении μf от 0,24 до 0,30 мм² g_i на номинальном скоростном режиме и режиме максимального крутящего момента практически остается постоянным. При $n =$

впрыска топлива $\theta_d = 16$ град до ВМТ и времени полета топливно-го факела от носка распылителя до стенки камеры сгорания при утопани носка $h_y = 1$ мм. Рассматривалась штатная камера сгорания с двойным углом наклона боковой стенки 60° и 45° .

Анализ полученных результатов показал, что оси топливных факелов А, В, Г, Д встречаются со стенкой камеры сгорания на расстоянии Z от днища поршня, равном 5 мм. Для факела Б это расстояние равно 3 мм, что связано с малой длиной струи и большим углом встречи со стенкой камеры сгорания.

При этом изменение отклонения оси соплового отверстия в плане на ± 3 град не влияет на место встречи со стенкой камеры сгорания струи Б и изменяет это значение при $\Delta\varphi = 0$ для струй Г и Д на 0,4 мм, для струй А и В — на 0,7 мм. Отклонение оси соплового отверстия по вертикали на ± 2 град при $\Delta\alpha = 0$ изменяет место встречи для струи Б от 1,8 до 4,3 мм, для А и В — от 4,2 до 6,9 мм, для Г и Д — от 4,0 до 6,8 мм. При $\Delta\varphi$ больше 2 град для струй А, В, Г и Д значение Z заметно увеличивается. Это объясняется тем, что при Z , большем 7,5 мм, угол наклона боковой стенки камеры сгорания равен 45° .

Моторные испытания по влиянию отклонений в угловом расположении сопловых отверстий пятисопловых распылителей выполнены на одноцилиндровой установке без наддува. Их анализ показывает, что отклонения в расположении сопловых отверстий опытных распылителей в пределах действующих в настоящее время допусков для распылителей двигателей ММЗ в плане $\Delta\alpha = \pm 3^\circ$, по вертикали $\Delta\varphi = \pm 2^\circ$ не влияют на экономичность работы.

На одноцилиндровой установке проведены также исследования по определению температуры носка распылителя. Термопары изготавливались из хромель-копелевой проволоки диаметром 0,2 мм. Во всем диапазоне исследованных режимов температуры носка серийных и пятисопловых распылителей отличаются незначительно и не превышают допустимый уровень. Наибольшую температуру распылители имеют на номинальном режиме. Для двигателя без наддува температура носка серийного распылителя равна 174°C , пятисоплового — 171°C . Для двигателя с наддувом — соответственно 195°C и 190°C .

Индицирование, проведенное на одноцилиндровом двигателе и двигателе Д-240, показало, что при работе с опытными распылителями жесткость сгорания практически не изменяется, а максимальное давление увеличивается на номинальном режиме и режиме максимального крутящего момента на $\sim 0,5$ МПа.

С учетом выбранных по результатам исследований конструктивных параметров была изготовлена партия пятисопловых распылителей, которая проходила испытания в ОГК ММЗ. В процессе испытаний определялось влияние пятисопловых распылителей на экономические показатели дизелей Д-240, Д-242, Д-240Т и Д-260Т, дымность, консуемость и пусковые качества.

В результате этих испытаний установлено, что применение пяти-сопловых распылителей улучшает экономичность двигателей ММЗ на номинальном режиме на 3—6 г/кВт·ч, а на режиме максимального крутящего момента на 4—9 г/кВт·ч. Дымность отработавших газов при применении пятисопловых распылителей на двигателе Д-240 снижается по внешней скоростной характеристике на режиме максимальной мощности на 5 %, на режиме максимального крутящего момента — на 6 %. На нагрузке, составляющей 80 % от максимальной, на каждом скоростном режиме снижение дымности составляет от 2 до 9 %.

Испытания на коксуемость, проведенные в лаборатории топливной аппаратуры ММЗ по трем четырехчасовым циклам, показали, что как серийные, так и опытные распылители практически не закоксувались. Это позволяет сделать вывод об одинаковой их стойкости против коксования.

В лаборатории пуска двигателей ММЗ было проведено сравнение пусковых качеств дизеля Д-240 при комплектовании его четырех- и пятисопловыми распылителями. Пусковые характеристики снимались при температурах 0 и -5°C без применения электрофакельного подогрева и при температурах -10°C и -20°C с применением такого подогрева. Анализ пусковых характеристик показал, что в исследованном диапазоне температур окружающей среды от 0 до -20°C пусковые качества дизеля одинаковы при использовании четырех- и пятисопловых распылителей.

В результате проведенной работы определены конструктивные параметры пятисопловых распылителей, обеспечивающие улучшение экономических показателей двигателей ММЗ.

Пятисопловые распылители рекомендованы для внедрения на ММЗ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Р о ж а н с к и й В.А., К у х а р е н о к Г.М., П и н с к и й Д.М. Влияние расположения сопловых отверстий распылителя форсунки на работу дизеля Д-240. — В кн.: Автотракторостроение: Теория и конструирование мобильных машин. Минск: Выш. шк., 1979, вып. 13, с. 145—151.
2. П и н с к и й Д.М., К у х а р е н о к Г.М., Р о ж а н с к и й В.А. Методика расчета расположения сопловых отверстий распылителей форсунок дизелей с камерой сгорания в поршне. — В кн.: Автотракторостроение: Вопросы оптимизации и проектирования автомобилей, тракторов и их двигателей. Минск: Выш. шк., 1977, вып. 9, с. 139—148.