

штатации троллейбусов, сократить время и трудоемкость подготовки и проведения испытаний, получать результаты, позволяющие оценивать работу двигателя, трансмиссии, тормозных и антиблокировочной систем, а также их взаимное влияние на работу друг друга и троллейбуса в целом. Все это позволяет сократить сроки создания и повысить технико-экономические показатели троллейбусов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сафонов А.И. Новицкий С.Н. Комплекс измерительно-регистрирующей аппаратуры для испытаний сочлененного троллейбуса. / Инженер-механик. 2001, № 1, с. 19-22.

УДК 621.436.2/3

Г.М. КУХАРЕНКО  
д-р техн. наук (БГПА)

## **ЗАВИСИМОСТЬ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ СГОРАНИЯ ТОПЛИВА В ДИЗЕЛЯХ**

Математическое моделирование рабочего процесса двигателей является необходимым инструментом теоретического исследования при разработке основ его управления.

Практика моделирования рабочих процессов двигателей показывает, что дальнейшее совершенствование расчетных моделей связано с повышением достоверности определения продолжительности сгорания с учетом особенностей организации процесса смесеобразования. Рядом авторов предложены зависимости для расчета процесса сгорания [1]. Однако все они получены с допущениями и возможности применения этих зависимостей ограничиваются рамками конкретных двигателей.

Поэтому были проведены исследования по определению зависимости продолжительности сгорания топлива  $\tau_z$  в высокооборотных дизельных двигателях производства Минского моторного завода и Гомельского завода пусковых двигателей с полуразделенными камерами сгорания от режимных факторов: частоты вращения коленчатого вала и коэффициента избытка воздуха, а также от параметров, характеризующих эффективность использования воздушного заряда [2].

Для комплексной оценки эффективности использования воздушно-го заряда введен параметр

$$K_b = \frac{V_k}{V_c} \cdot P, \quad (1)$$

где  $P$  – коэффициент равномерности распределения топлива в объеме камеры сгорания,  $V_k/V_c$  - отношение объема камеры в поршне к объему камеры сгорания.

Он является одним из оценочных параметров совершенства конструкции двигателя. Его применение позволяет осуществить принцип оптимизации при доводке камеры сгорания в поршне и выборе количества и расположения топливных факелов.

В полуразделенных камерах сгорания с организованным торoidalным воздушным вихрем (типа ЦНИДИ) эффективность использования воздушно-го заряда определяется совместным влиянием отношения объема камеры в поршне к объему камеры сгорания и равномерности распределения топлива в пространстве камеры сгорания. Распределение топлива в пространстве камеры сгорания ЦНИДИ оценивалось по степени охвата топливной пленкой боковой поверхности камеры

$$P = \frac{\sum F_\phi}{F_{ст}}, \quad (2)$$

где  $\sum F_\phi$  – суммарная площадь поверхности топливной пленки на стенке камеры сгорания;  $F_{ст}$  – площадь поверхности боковой стенки камеры сгорания.

Распределение топлива в пространстве камеры сгорания ЯМЗ с организованным осевым воздушным вихрем оценивалось по степени равномерности распределения топлива в объеме камеры

$$P = \frac{\omega_\phi}{\omega_\tau}, \quad (3)$$

где  $\omega_\phi$  - угловая скорость воздушного вихря в камере сгорания;  $\omega_\tau$  - угловая скорость обеспечивающая поворот воздушного вихря за время впрыска на угол равный углу между осями топливных факелов.

После преобразований соотношение (3) представлено в виде

$$P = \frac{H\phi_{впр}}{360 / i_{срп}} , \quad (4)$$

где  $H$  – вихревое отношение, равное отношению угловых скоростей вихря и коленчатого вала,  $H = \omega_v/\omega$ ;  $\varphi_{впр}$  – продолжительность впрыска топлива;  $i_{струй}$  – число топливных факелов.

Для оценки совершенства процесса смесеобразования предложен параметр  $K$ , представляющий собой произведение коэффициента эффективности использования воздушного заряда на коэффициент избытка воздуха

$$K = \alpha \cdot P \cdot V_K / V_C, \quad (5)$$

где  $\alpha$  – коэффициент избытка воздуха.

Этот параметр учитывает величину коэффициента избытка воздуха, относительного объема камеры сгорания и равномерность распределения топлива в камере. По существу он является эффективным коэффициентом избытка воздуха.

Были проведены экспериментальные исследования по определению влияния исследуемых факторов на продолжительность сгорания, которая определялась путем обработки индикаторных диаграмм.

Для вывода формулы для определения  $\tau_z$  вначале определялось влияние на продолжительность сгорания в исследуемом дизеле коэффициента избытка воздуха при трех значениях отношения объема камеры в поршне к объему камеры сгорания  $V_K/V_C = 0,74; 0,77; 0,79$ .

При проведении исследований увеличение отношения  $V_K/V_C$  достигалось одновременным увеличением объема ( $V_K$ ) и уменьшением объема, образованного надпоршневым зазором и подклапанными выточками при сохранении неизменной величины степени сжатия.

С ростом  $V_K/V_C$  продолжительность сгорания топлива уменьшается, что связано с увеличением количества воздуха заключенного в объеме  $V_K$  и эффективно используемого в процессе сгорания. Однако с увеличением  $\alpha$  влияние  $V_K/V_C$  на продолжительность сгорания уменьшается и при  $\alpha = 2,5...3$  для исследованных значений  $V_K/V_C$  продолжительность  $\tau_z$  практически одинакова, т.е. при этих  $\alpha$  для исследуемого дизеля обеспечиваются наиболее благоприятные условия протекания процесса сгорания.

Для определения влияния скоростного режима двигателя на продолжительность сгорания были обработаны индикаторные диаграммы, полученные при работе по нагрузочным характеристикам в диапазоне  $n=1200...2200$  мин<sup>-1</sup>. По результатам этих исследований построены графики зависимостей  $\tau_z = f(n)$  при постоянных значениях параметра  $K$

(рис.1). Из графика видно, что при малых значениях  $K$  с ростом частоты вращения уменьшается  $\tau_z$ . С увеличением  $K$  влияние частоты вращения на  $\tau_z$  снижается. При значениях  $K = 2,1$  продолжительность сгорания достигает оптимальной величины 3,2 мс и практически не зависит от частоты вращения коленчатого вала.

Путем математической обработки зависимостей, представленных на рис.1, получена функциональная зависимость для определения продолжительности сгорания топлива в дизелях

$$\tau_z = \tau_o + b \cdot \left( \frac{K_o - K}{K^3} \right) \cdot \left( \frac{n_{ном}}{n} \right)^{0,92}, \quad (6)$$

где  $\tau_o$  – оптимальная продолжительность сгорания;  $K_o$  – значение параметра, соответствующее  $\tau_o$ ;  $b$  – постоянный коэффициент, зависящий от условий смесеобразования.

Для дизеля 4Ч 11/12,5 с камерой сгорания ЦНИДИ:  $\tau_o = 3,2$  мс;  $K_o = 2,1$ ;  $b = 2,4$ ;  $n_{ном} = 2200$  мин<sup>-1</sup>.

Для малогабаритного дизеля 1Ч 8,2/ 7,5 с камерой ЯМЗ:  $\tau_o = 2,4$  мс;  $K_o = 2,1$ ;  $b = 2,6$ ;  $n_{ном} = 3000$  мин<sup>-1</sup>.

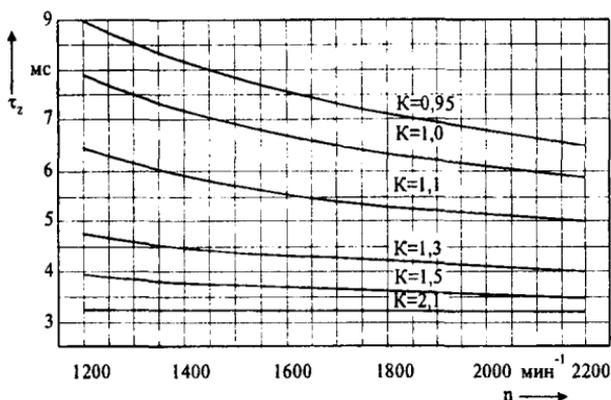


Рис. 1 Зависимость продолжительности сгорания топлива от частоты вращения коленчатого вала

Предложенные параметры эффективности использования воздушного заряда и зависимость для определения продолжительности сгорания в дизелях позволяют осуществить принцип оптимизации при совершенствовании конструкций камер сгорания и улучшении условий взаимодействия воздушного заряда и топлива.

## 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.