

Б. А. Шароглазов, М. Ф. Сафаров

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДИЗЕЛЕЙ ПРИ РАБОТЕ НА РЕЖИМАХ ВНЕШНЕЙ СКОРОСТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

В статье на основании анализа экспериментальных данных о характере изменения цикловой подачи топлива при работе дизеля (имеются в виду дизели, топливная аппаратура которых снабжена корректором подачи топлива) по безрегуляторной корректорной ветви ВСХ делается вывод уравнения для оценки численных значений цикловой подачи топлива и других параметров (в частности, часового и удельного эффективного расходов топлива, коэффициента наполнения) в функции частоты вращения коленчатого вала. *Внешняя скоростная характеристика; цикловой расход; номинальный режим; коэффициент наполнения; коэффициент избытка воздуха*

В технической документации на выпускаемые моторостроительной промышленностью двигатели (в частности, поршневые ДВС) сообщаются лишь краткие сведения о численных значениях параметров, характеризующих работу этих машин на режимах полных нагрузок. Чаще всего эти сведения относятся к режимам номинальной мощности и, в очень сокращенной форме, – режиму максимального крутящего момента.

В этой связи необходимо отметить, что при решении ряда практических вопросов применения двигателей (комплектование машинно-транспортных агрегатов, расчетной оценке тяговых характеристик машин, оценке параметров производительности, экономичности и др.) необходима более полная информация о численных значениях их (двигателей) параметров. В первую очередь – на режимах работы с полной нагрузкой. В частности, на режимах корректорной ветви внешней скоростной характеристики (ВСХ).

Сегодня известны работы и методы приближенной оценки значений параметров при работе ДВС по ВСХ, когда в качестве исходных (опорных) параметров принимаются значения показателей при работе двигателя на номинальном режиме, см. например [1–3]. Однако чаще всего эти работы касаются оценки характера изменения эффективной мощности  $N_e$ , крутящего момента  $M$  и среднего эффективного давления цикла.

Работ, касающихся моделирования экономических параметров, таких как эффективный КПД цикла, цикловой  $g_{ц}$ , удельный эффектив-

ный  $g_e$  и часовой  $G_T$  расходы топлива значительно меньше. Чаще всего они носят эмпирический характер. И вследствие этого обстоятельства могут быть распространены на относительно узкий класс двигателей. В статье на основании анализа экспериментальных данных о характере изменения цикловой подачи топлива при работе дизеля (имеются в виду дизели, топливная аппаратура которых снабжена корректором подачи топлива) по безрегуляторной корректорной ветви ВСХ делается вывод уравнения для оценки численных значений  $g_{ц}$  в функции частоты вращения коленчатого вала  $n$ .

При этом в качестве исходных могут быть выбраны значения этого параметра ( $g_{ц}$ ), соответствующие номинальной частоте вращения  $n_n$  или частоте  $n_m$ , соответствующей режиму максимального крутящего момента.

Благодаря корректированию, повышению цикловой подачи топлива с ростом нагрузки, обеспечивается устойчивая работа дизеля по безрегуляторной ветви ВСХ в интервале частот вращения от  $n_n$  до  $n_m$  (названный интервал частот вращения характерен для мощных колесных и гусеничных тягачей и промышленных тракторов). Увеличение цикловой подачи при этом может составить 10...20 %. И это обстоятельство (повышение  $g_{ц}$  с увеличением нагрузки) не приводит к ухудшению протекания процессов в камере сгорания двигателя по ряду причин. В частности, на участке положительного корректирования ВСХ с ростом нагрузки (уменьшение частоты вращения коленчатого вала), как правило, повышается коэффициент наполнения цилиндров свежим зарядом, что дает возможность сохранить неизменным, по сравнению

с режимом номинальной нагрузки, численное значение коэффициента избытка воздуха, а в отдельных случаях даже повысить его, несмотря на увеличивающуюся цикловую подачу топлива.

Действительно, массовый часовой расход топлива определяется записью:

$$G_T = 60 \frac{2n}{\tau} g_{ц} \text{ или } G_T = C \cdot g_{ц} \cdot n,$$

где постоянная  $C = 120/\tau$ ,  $\tau$  – коэффициент тактности двигателя.

Для цикловой подачи свежего заряда (воздуха), пользуясь понятием коэффициента избытка воздуха, можно записать

$$g_{цв} = \eta_v \cdot \rho_0 \cdot V_h,$$

где  $\eta_v$  – коэффициент наполнения,  $\rho_0$  – плотность свежего заряда,  $V_h$  – рабочий объем цилиндра.

Коэффициент избытка воздуха определяется соотношением

$$\alpha = g_{вц} / (L'_0 \cdot g_{ц}),$$

в котором  $L'_0$  – теоретически необходимое количество воздуха в кг для сжигания килограмма топлива.

Таким образом, из записанных соотношений имеем:

$$\eta_v \cdot \rho_0 \cdot V_h = \alpha \cdot L'_0 \cdot g_{ц}.$$

Если допустить, что на рассматриваемом участке ВСХ коэффициент избытка воздуха сохраняется неизменным, то из полученного следует

$$g_{ц} = C_1 \cdot \eta_v,$$

где

$$C_1 = \rho_0 \cdot \frac{V_h}{\alpha} \cdot L'_0.$$

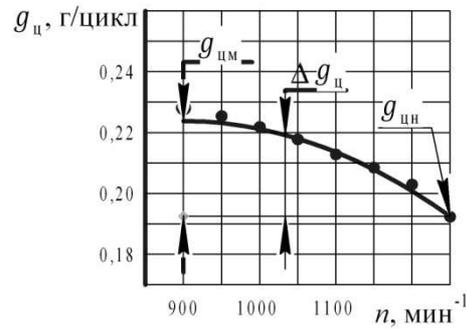
Стало быть, повышение цикловой подачи с точки зрения наполнения цилиндров свежим зарядом и обеспечения подаваемого в цилиндр топлива достаточным количеством окислителя (воздуха) является оправданным.

Характер изменения цикловой подачи топлива при работе дизелей типа ЧН 15/20,5 и Ч 13/14 по безрегуляторной ветви ВСХ иллюстрируется рис. 1. Линия изменения  $g_{ц}$  имеет параболический характер. Это для текущего изменения цикловой подачи позволяет записать:

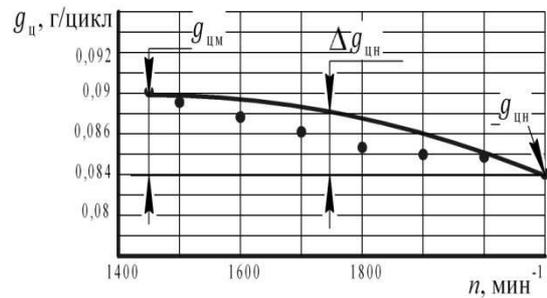
$$\Delta g_{ц} = a(n - n_m)^2$$

или для изменения частоты вращения от  $n_n$  до  $n_m$ :

$$g_{цм} - g_{цн} = a(n_n - n_m)^2.$$



а



б

**Рис. 1.** Изменение цикловой подачи топлива при работе двигателей на режимах ВСХ: а – для двигателей типа ЧН 15/20,5 ( $n_n = 1250 \text{ мин}^{-1}$ ;  $N_{ен} = 132 \text{ кВт}$ ;  $G_{тн} = 28 \text{ кг/ч}$ ); б – для двигателей типа Ч 13/14 ( $n_n = 2100 \text{ мин}^{-1}$ ;  $N_{ен} = 177 \text{ кВт}$ ;  $G_{тн} = 45 \text{ кг/ч}$ )

Приведенная запись при известных параметрах, характеризующих показатели двигателя на номинальном режиме (или режиме максимального крутящего момента), – сведения о них могут быть почерпнуты из паспортных данных по двигателям (при проектировании ДВС – из результатов теплового расчета), – делает возможным определение численного значения ко-

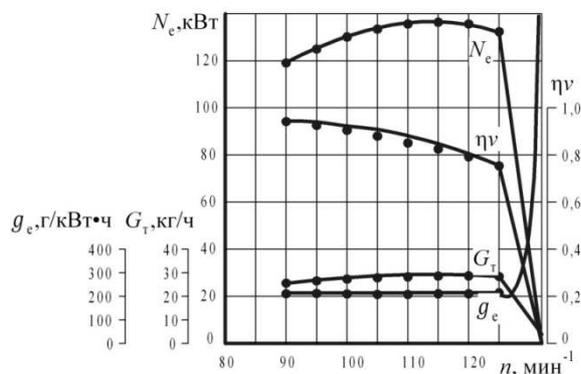
эффициента  $a$ , т. е. 
$$a = \frac{g_{цм} - g_{цн}}{(n_n - n_m)^2}.$$

Таким образом, для текущей величины цикловой подачи имеем

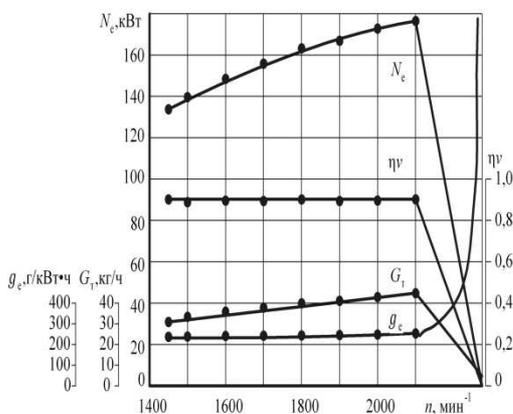
$$g_{ц} = g_{цм} - \Delta g_{ц} = g_{цм} - \frac{g_{цм} - g_{цн}}{(n_n - n_m)^2} \cdot (n - n_m)^2.$$

При известных конструктивных параметрах двигателя знание цикловых подач топлива позволяет определить массовые часовые, а также и удельные расходы топлива.

Для примера на рис. 2 приведены ВСХ упомянутых дизелей, рассчитанные с использованием полученного соотношения для  $g_{ц}$ .



а



б

**Рис. 2.** Изменение основных показателей двигателей при работе по ВСХ:

а – для двигателей типа ЧН15/20,5;

б – для двигателей типа Ч13/14

Еще раз отметим, что в качестве опорных параметров выбраны показатели двигателя при работе на номинальном режиме (текущие значения мощностей расчетным путем вычислялись по соотношениям, приводимым в [3]). Точ-

ками на рисунке отмечены численные значения параметров, полученных в результате эксперимента.

## ВЫВОДЫ

Сопоставление полученных результатов, а также проверка достоверности полученного уравнения для  $g_{ц}$  на других двигателях, позволяют отметить, что уравнение может быть использовано при моделировании таких параметров как  $G_t$ ,  $g_{ц}$ ,  $\eta_v$  в расчетных исследованиях на стадии проектирования и доводки двигателей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дизели: справочник / Б. П. Байков [и др.]. Л.: Машиностроение (Ленингр. отд.), 1977. 480 с.
2. Теория двигателей внутреннего сгорания / под ред. проф., д-ра техн. наук Н. Х. Дьяченко. Л.: Машиностроение (Ленингр. отд.), 1974. 552 с.
3. Шароглазов Б. А., Фарафонов М. Ф., Клементьев В. В. Двигатели внутреннего сгорания: теория, моделирование и расчет процессов: учеб. / под ред. засл. деят. науки РФ Б. А. Шароглазова. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006. 382 с.

## ОБ АВТОРАХ

**Шароглазов Борис Александрович**, проф. каф. двигателей внутр. сгорания Южно-Уральск. гос. ун-та. Дипл. инженер (ССХИ, мехфак, 1962). Д-р техн. наук по тепл. двигателям (МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1979), засл. деятель науки РФ (1999). Иссл. в обл. защиты двигателей от тепл. и механ. перегрузок.

**Сафаров Марат Фагитович**, асп. той же каф. Дипл. инженер (ЮУрГУ, 2009). Иссл. в обл. моделирования параметров поршневых ДВС.