

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТОПЛИВОПОДАЧИ ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЫ АККУМУЛЯТОРНОГО ТИПА

*В.В. Шишков*

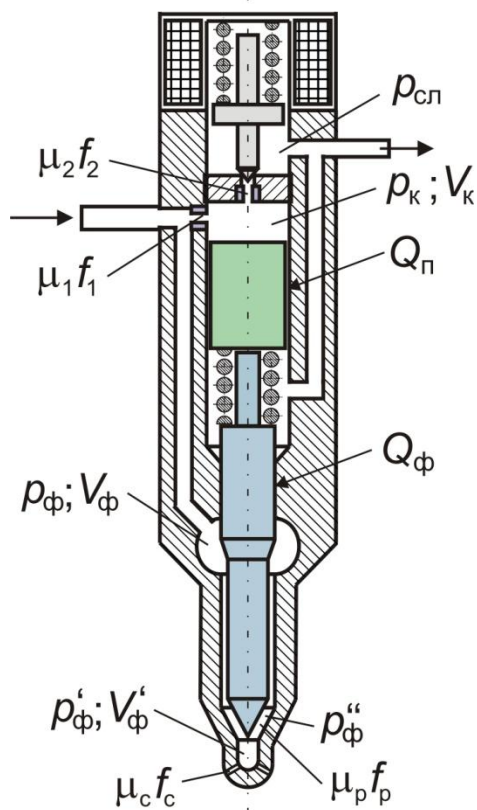
Применительно к топливной системе аккумуляторного типа приведено описание расчетной модели процесса топливоподачи. Составляющими элементами для компьютерного моделирования послужили: объем постоянного давления, топливопровод, топливные каналы, жиклеры, электромагнитный клапан, игла распылителя, сопловые отверстия. Модель позволяет установить влияние на показатели процесса впрыскивания топлива основных конструктивных параметров системы топливоподачи и осуществить для них целенаправленный выбор численных значений.

Ключевые слова: дизель; топливная система; впрыскивание топлива; параметры топливоподачи; электромагнитная форсунка.

Достижение высоких удельных мощностных, экономических и экологических показателей дизелей обеспечивается, в частности, постоянным совершенствованием конструкции и параметров топливоподающей аппаратуры. Важным условием улучшения показателей дизеля служит совершенствование процессов управления топливоподачей. Возможности управления процессом топливоподачи, в период рабочего цикла дизеля для топливных систем непосредственного действия с механическим приводом и нагнетательным трубопроводом, ограничены. Наиболее перспективной в плане управления процессом топливоподачи является аккумуляторная система топливоподачи типа Common Rail. Такие системы обеспечивают более высокое давление впрыскивания, более широкие возможности для управления топливоподачей [1, 2].

Зарубежные фирмы серийно выпускают аккумуляторные топливные системы типа Common Rail, отечественные моторостроительные предприятия создают опытные образцы. Исследования и разработку конструкций аккумуляторных топливных систем в нашей стране выполняют в МГТУ им. Н.Э. Баумана, в МАДИ (ГТУ), в НИКТИД, в НИИД, на ЯЗГА и др.

Для ускорения разработки и постановки на производство аккумуляторных систем топливоподачи необходимы дальнейшие углубленные научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы.



Расчетная схема электрогидравлической форсунки для топливной системы аккумуляторного типа

Уровень существующих математических моделей процессов впрыскивания топлива, смесеобразования и сгорания, уровень соответствующего программного обеспечения не позволяют на данном этапе получить абсолютно удовлетворяющие по точности количественные закономерности для априорного обоснования закона топливоподачи. Однако процессы в топливоподающей системе могут моделироваться с достаточно высокой точностью, что позволяет анализировать конструктивные параметры элементов системы и проектировать перспективные топливные системы.

Расчетная модель электрогидравлической форсунки, схема которой представлена на рисунке, основана на общепринятых для расчета аккумуляторных топливных систем допущениях: течение топлива в топливопроводах считается одномерным; рассматриваемые рабочие процессы – изотермическими; давление в аккумуляторе, линии низкого давления и цилиндре двигателя – постоянными; не учитывается трение движущихся деталей; скорость звука и плотность топлива в трубопроводах постоянны.

Расчетная модель электрогидравлической форсунки, схема которой представлена на рисунке, основана на общепринятых для расчета аккумуляторных топливных систем допущениях: течение топлива в топливопроводах считается одномерным; рассматриваемые рабочие процессы – изотермическими; давление в аккумуляторе, линии низкого давления и цилиндре двигателя – постоянными; не учитывается трение движущихся деталей; скорость звука и плотность топлива в трубопроводах постоянны.

Решение волновых уравнений в топливопроводах с учетом гидродинамического трения имеет вид:

$$p - p_{ост} = e^{-bt} \left[ F \left( t - \frac{x}{a} \right) - W \left( t + \frac{x}{a} \right) \right];$$

$$u - u_0 = \frac{1}{a\rho} e^{-bt} \left[ F \left( t - \frac{x}{a} \right) + W \left( t + \frac{x}{a} \right) \right].$$

Уравнения граничных условий составлены из уравнений объемного баланса в полостях форсунки, динамики движения иглы распылителя и управляющего клапана:

– изменение давления в полости форсунки:

$$\frac{dp_{\phi}}{dt} = \frac{1}{\beta V_{\phi}} \left\{ \frac{f_r}{a\rho} \left[ 2F \left( t - \frac{l_r}{a} \right) e^{-\frac{b t}{a}} - p_{\phi} + p_{\text{ост}} \right] - \sigma_1 \mu_1 f_1 \sqrt{\frac{2}{\rho} |p_{\phi} - p_k|} - \sigma_2 \mu_p f_p \sqrt{\frac{2}{\rho} |p_{\phi} - p'_{\phi}|} - Q_{\phi} \right\};$$

– изменение давления в полости перед сопловыми отверстиями:

$$\frac{dp'_{\phi}}{dt} = \frac{1}{\beta V'_{\phi}} \left\{ \sigma_2 \mu_p f_p \sqrt{\frac{2}{\rho} |p_{\phi} - p'_{\phi}|} - \sigma_3 \mu_c f_c \sqrt{\frac{2}{\rho} |p'_{\phi} - p_z|} \right\};$$

– изменение давления в камере управления:

$$\frac{dp_k}{dt} = \frac{1}{\beta V_k} \left\{ \sigma_4 \mu_1 f_1 \sqrt{\frac{2}{\rho} |p_{\phi} - p_k|} - \sigma_5 (\mu_2 f_2)_{\Sigma} \sqrt{\frac{2}{\rho} |p_k - p_{\text{сл}}|} - Q_{\Pi} \right\};$$

– ускорение иглы распылителя:

$$\frac{dv_{\text{и}}}{dt} = \frac{1}{m_{\text{и}}} \left[ (f_{\text{и}} - f'_{\text{и}}) (p_{\phi} - p_{\text{сл}}) - c_{\text{и}} x_{\text{и}} \right];$$

– скорость иглы распылителя:

$$\frac{dx_{\text{и}}}{dt} = v_{\text{и}};$$

– ускорение клапана:

$$\frac{dv_{\text{кл}}}{dt} = \frac{1}{m_{\text{кл}}} \left[ F_{\text{эм}} - F_{\text{пр0}} - c_{\text{кл}} x_{\text{кл}} + f_{\text{кл}} (p_k + p_{\text{сл}}) / 2 \right];$$

– скорость клапана:

$$\frac{dx_{\text{кл}}}{dt} = v_{\text{кл}}.$$

В приведенных уравнениях  $V_{\phi}$ ,  $p_{\phi}$  – объем и давление в полости форсунки;  $V'_{\phi}$ ,  $p'_{\phi}$  – объем и давление в полости перед сопловыми отверстиями;  $V_k$ ,  $p_k$  – объем и давление в камере управления;  $p_{\text{сл}}$  – давление в полости слива;  $p''_{\phi}$  – давление между конусом иглы и посадочным конусом;  $\mu_1 f_1$  – эффективное проходное сечение жиклера на входе в камеру управления;  $\mu_2 f_2$  – эффективное проходное сечение жиклера на выходе из камеры управления;  $\mu_p f_p$  – эффективное проходное сечение между конусом иглы и посадочным конусом;  $Q_{\phi}$  – утечки через уплотняющую часть распылителя;  $Q_{\Pi}$  – утечки через уплотняющую поршня;  $m_{\text{кл}}$ ,  $x_{\text{кл}}$ ,  $v_{\text{кл}}$  – масса, перемещение и скорость управляющего клапана;  $c_{\text{кл}}$  – жесткость пружины клапана;  $f_{\text{кл}}$  –

площадь поперечного сечения клапана;  $F_{эм}$  – сила электромагнита;  $F_{пр0}$  – сила предварительной затяжки пружины клапана.

Ступенчатые функции  $\sigma$  принимают следующие значения:

$\sigma_1 = +1$  если  $p_\phi > p_k$ ;  $\sigma_1 = -1$  если  $p_\phi \leq p_k$ ;  $\sigma_2 = +1$  если  $p_\phi \geq p'_\phi$ ;  $\sigma_2 = -1$  если  $p_\phi < p'_\phi$ ;  $\sigma_3 = +1$  если  $p'_\phi \geq p_z$ ;  $\sigma_3 = -1$  если  $p'_\phi < p_z$ ;  $\sigma_4 = +1$  если  $p_\phi \geq p_k$ ;  $\sigma_4 = -1$  если  $p_\phi < p_k$ ;  $\sigma_5 = +1$  если  $p_k \geq p_{сл}$ ;  $\sigma_5 = -1$  если  $p_k < p_{сл}$ .

Приведенная методика расчета применима для расчетно-аналитического исследования процессов системы топливоподачи аккумуляторного типа с электрогидравлической форсункой. Расчетное моделирование направлено на обоснование выбора схемы системы топливоподачи и параметров конструктивных элементов систем топливоподачи.

### Библиографический список

1. Лышевский, А.С. Системы питания дизелей: Учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Двигатели внутреннего сгорания» / А.С. Лышевский. – М.: Машиностроение, 1981. – 216 с.
2. Грехов, Л.В. Топливная аппаратура и система управления дизелей / Л.В. Грехов. – М.: Легион-Автодата, 2004. – 344 с.