

Влияние законов подачи топлива на показатели рабочего процесса дизеля

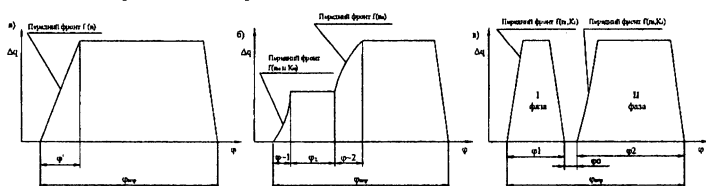
Петрученко А.Н.

Белорусский национальный технический университет

Перспективы социально-хозяйственного развития страны предусматривают дальнейшее расширение ее транспортно-энергетической базы. В этих условиях двигателестроение является основой реализации новых программ, цель которых – выпуск продукции, соответствующей мировому уровню.

Для достижения значительного улучшения показателей работы дизеля, отвечающих современным требованиям необходима рациональная организация процесса топливоподачи, призванная обеспечить своевременность качественной и количественной подачи топлива в камеру сгорания, что дает возможность быстро и монотонно сжигать топливо в камере сгорания.

Топливные системы, используемые в современных дизельных двигателях, позволяют получать различные законы топливоподачи – зависимости подачи топлива в функции времени или угла поворота коленчатого вала (ПКВ). На рисунке 1 представлена дифференциальная характеристика топливоподачи Δq – зависимость, отражающая изменение скорости подачи топлива в протекании процесса впрыска.



а – ступенчатый; б – трапециевидный; в – двухфазный впрыск

Рисунок 1. Дифференциальные характеристики законов
топливоподачи

Формально законы топливоподачи различных топливных систем можно разделить на три группы. К первой группе можно отнести законы топливоподачи, дифференциальная характеристика которых при определенных допущениях, не имеющих при

проведении сравнительного анализа между группами принципиального значения, аппроксимируется трапецией, боковые стороны, которой могут быть описаны уравнением вида:

$$y = K \times \varphi^n, \quad (1)$$

где: φ – текущее значение угла поворота коленчатого (или кулачкового вала;

K – коэффициент, задающий расходные характеристики распылителя при движении иглы;

n – показатель степени, определяет скорость истечения топлива в период движения иглы распылителя.

Кроме форм переднего и заднего фронтов и длительностей их фаз, важной характеристикой является продолжительность впрыска топлива $\varphi_{\text{впр}}$. Такой закон топливоподачи характерен для топливоподающих систем, укомплектованных рядными топливными насосами или распределительного типа с однопружинными форсунками.

Ко второй группе можно отнести законы топливоподачи, имеющие уступы на дифференциальной характеристике, такой закон топливоподачи аппроксимируется двухступенчатой трапецией. Такие характеристики впрыскивания топлива могут быть получены путем модернизации топливных систем, описанных выше, посредством: замены однопружинной форсунки двухпружинной; применения специального кулачка; подключения в начальной фазе периода топливоподачи дополнительного объема, разгружающего линию нагнетания. Дифференциальная характеристика этого закона определяется следующими факторами: продолжительностью протекания процесса $\varphi_{\text{впр}}$, продолжительностями периодов подъема иглы распылителя до первого и второго квазистатических положений φ_{-1} и φ_{-2} , формой переднего фронта дифференциальной характеристики закона топливоподачи в периоды подъема иглы распылителя, определяемых в нашем случае показателями степени в уравнении (1) соответственно n_1 и n_2 , продолжительностью первого квазистатического положения иглы распылителя φ_x и относительным количеством топлива, поступившим в цилиндр дизеля в начальной фазе развития процесса топливоподачи – коэффициент K . Величина коэффициента K определяется высотой подъема иглы рас-

пылителя до первого ее квазистатического положения.

Третья группа законов топливоподачи, характеризуется многократным отпиранием и запираанием иглы распылителя за время одного цикла. Дифференциальная характеристика аппроксимируется серией трапеций. Такие характеристики свойственны топливным системам аккумуляторного типа, имеющим электронное управление движением иглы форсунки, а также топливным системам, укомплектованным насос-форсунками с управляемым движением плунжера, мультипликативным системам. Кроме того, при задании соответствующего алгоритма, топливоподающие системы с электронным управлением могут подавать топливо по законам, отнесенным к первой и второй группам. Основными параметрами, характеризующими этот закон топливоподачи, являются продолжительности первой и второй фаз топливоподачи (φ_1 и φ_2) и перерыва в подаче топлива (φ_0), параметр K – величина, пропорциональная количеству топлива поданного в цилиндр за первую фазу. К дополнительным факторам, определяющим двухфазный впрыск топлива, относятся параметры, задающие расходные характеристики распылителя в период движения иглы.

Исследования влияния характеристик топливоподачи на показатели рабочего цикла дизеля проводились на математической модели, учитывающей особенности впрыскивания топлива.

Сравнительный анализ влияния характеристик топливоподачи на показатели рабочего цикла дизеля осуществлялся по параметрам, характеризующим термическую и механическую нагрузку деталей КШМ, а также токсичность отработавших газов при неизменных показателях мощности и экономичности. Для получения достоверных результатов анализа влияния характеристик топливоподачи были приняты и оставались неизменными при проведении расчетных исследований следующие параметры: продолжительность подачи топлива (25 град ПКВ); коэффициент избытка воздуха (1,7); коэффициент наполнения (0,85); параметры на впуске: температура (20°C) и давление окружающей среды (0,1 МПа); частота вращения коленчатого вала (2200 мин⁻¹). Достижение постоянных значений среднего индикаторного давления и индикаторного расхода топлива предполагается обеспечить посредством изменения угла начала впрыскивания топлива.

Минимальное значение удельного индикаторного расхода топлива и максимальная величина среднего индикаторного давления при моделировании процесса сгорания при подаче топлива по ступенчатому и трапециевидному законам и неизменной продолжительности его впрыскивания достигалось при подаче топлива в цилиндр за 16 град ПКВ до прихода поршня в ВМТ. В случае моделирования процесса сгорания при двухфазном впрыскивании топлива мощностные и экономические показатели цикла принятые за определяющие достигаются при подаче топлива за 10 град ПКВ до прихода поршня в ВМТ.

Поздняя подача топлива способствует уменьшению периода задержки воспламенения на 1 град ПКВ, что ведет к снижению максимальной скорости выгорания топлива. Более высокие значения этого параметра соответствуют трапециевидному закону топливоподачи. Впрыск топлива по трапециевидному закону дает возможность подать наибольшее количество топлива за период задержки воспламенения и, как следствие, испарить значительную его часть. Количество образовавшихся паров топлива определяет скорость сгорания. Максимальная скорость сгорания w_{\max} при трапециевидном законе равна 0,0367 л/град.

Количество топлива, подаваемого в цилиндр двигателя при ступенчатой подаче и двухфазном впрыске примерно одинаково. Величины максимальных скоростей сгорания топлива в начальной стадии соответственно равны $w_{\max} = 0,032$ л/град и $w_{\max} = 0,03$ л/град.

При недожоге топлива в 3% продолжительность выгорания топлива составляет для ступенчатого, трапециевидного и двухфазного законов топливоподачи соответственно 82 град ПКВ, 78 град ПКВ, 67 град ПКВ.

Как показывают приведенные результаты расчетных исследований, наиболее динамически нагружен дизель, с впрыскиванием топлива по трапециевидному закону. Ступенчатое впрыскивание топлива позволяет уменьшить максимальное давление цикла на 3%. При применении двухфазного впрыскивания топлива, относительное снижение максимального давления составляет 11%.