

ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ФУНКЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ В ЦИЛИНДРЕ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ВОПРОСУ ДИНАМИКИ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Леонов Г. Н. – д.ф.-м.н., профессор, Фролов А. В. – аспирант, Шустов И. С. – инженер
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова
(г. Барнаул)

За последние несколько десятилетий устройство автомобилей серьезно изменилось. Все большее значение получает электронное управление системами автомобиля. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей стал практически невозможен без специального оборудования. Управление человеком теми или иными системами постепенно сводится к минимуму, чтобы избежать ошибок водителя при эксплуатации транспорта. Все эти изменения коснулись и двигателя внутреннего сгорания (ДВС).

ДВС изменились конструктивно, изменились материалы, используемые при изготовлении основных узлов и систем двигателя. В бензиновых двигателях все чаще используют многоточечный фазированный впрыск, а в некоторых уже и непосредственный впрыск. Для этой цели используется электронный блок управления двигателем (ЭБУ), который контролирует впрыскиваемое количество топлива, необходимое для выделения требуемой энергии, полноты сгорания, которая определяется количеством вредных выбросов в атмосферу. В современных двигателях на каждом цилиндре используется по четыре клапана и более, два клапана на впуск и два на выпуск. «Все чаще находят применение механизмы газораспределения, обеспечивающие управляемое изменение фаз газораспределения и закона подъема клапанов».

[1]

Естественно такие серьезные изменения в конструкции и работе двигателей обязательно должны сопровождаться адекватной физико-математической моделью. В идеальном случае, всем нововведениям в технике должны предшествовать модели, на основе которых и будет работать устройство или система. В нашей же стране все с точностью наоборот, а часто работе того или иного изобретения нет адекватного теоретического описания и при расчетах зачастую пользуются зависимостями и закономерностями, полученными ранее.

Вследствие этого, при разработке современных двигателей в России, пользуются той моделью работы ДВС, основы которых заложили Стечкин, Мазинг, Гриневицкий и т.д. Конечно, она претерпела некоторые изменения с начала двадцатого века, но только за счет поправочных коэффициентов. А ведь та теория работы и устройства ДВС была создана для тихоходных двигателей (судовых, тракторных, автомобильных), которые работали почти всегда в одном режиме на одних и тех же оборотах. Именно поэтому основным допущением этой теории было постоянство угловой скорости.

Но это допущение невозможно принять для современных двигателей. Современные автомобили в большей степени эксплуатируются в городском цикле в постоянно-меняющемся режиме.

Это же можно отнести и к процессам газообмена. Считать постоянными термодинамические параметры и скорость истечения газов критической нет существенных обоснований.

Все это обусловлено влиянием всех этих факторов на давление внутри цилиндра, которое в свою очередь непосредственно влияет на динамику двигателя внутреннего сгорания. Динамика ДВС определяется, прежде всего, процессом энерговыделения, но силы сопротивления, возникающие на вспомогательных тактах, вносят серьезный вклад в конечный результат работы двигателя.

Если рассматривать процессы газообмена в цилиндрах ДВС, то по сути вся задача сводится к определению давления в каждый момент времени для полужамкнутого объема с подвижным дном.

Для процессов газообмена, мы можем записать уравнение сохранения энергии в интегральной форме:

$$pV^k = p_0V_0^k e^{\int \frac{k-1}{R} \frac{dQ_m}{mT}},$$

где p_0 - начальное давление газа в цилиндре;

V_0 - начальный объем цилиндра;

Q_m - тепло, отданное системой в окружающую среду;

m - текущая масса газа в цилиндре;

T - текущая температура газа в цилиндре;

k - показатель адиабаты;

R - универсальная газовая постоянная.

После ряда преобразований, получается, что изменение состояния газа в полости цилиндра сводится к политропическому процессу:

$$p = p_0 \left(\frac{V_0}{V} \right)^n,$$

где $n = k \pm \theta$,

θ - коэффициент, зависящий от конструктивных и геометрических параметров двигателя.

«Однако следует иметь в виду, что для любой ограниченной области перемещения поршня показатель политропы не является величиной постоянной, но чем уже эта область, тем меньше пределы его изменения состояния параметров газа имеет место в каждой точке области перемещения поршня, но характеризует лишь мгновенное изменение этого состояния». [2]

Рассмотрим несколько вариантов функции изменения давления в цилиндре на такте выпуска, в зависимости от функции изменения объема, с переменным показателем политропы (рисунок 1).

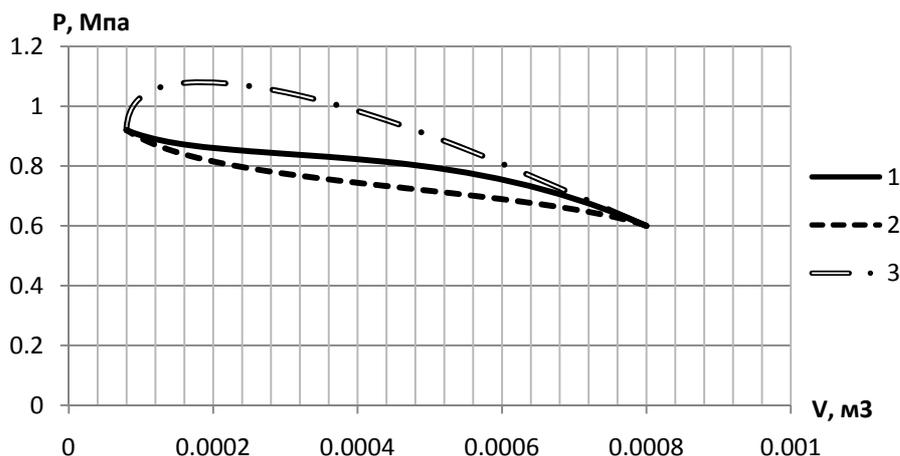


Рисунок 1 – Функция изменения давления внутри цилиндра на такте выпуска, с переменным показателем политропы n , в зависимости от закона изменения объема:

1 – $V = V_0 - (V_0 - V_{ce}) \frac{t}{\tau}$, 2 –

$V = \frac{V_{ce} - V_0}{\tau^2} t^2 + V_0$, 3 –

$V = \frac{V_0 - V_{ce}}{\tau^2} (t - \tau)^2 + V_{ce}$

Как видно из рисунка, давление газа в цилиндре на такте выпуска имеет разные законы изменения в зависимости от функции изменения объема. Вследствие этого, получается, что в случае обеспечения определенной скорости движения поршня, можно управлять давлением внутри цилиндра, что

естественно повлияет на динамику ДВС в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Двигатели внутреннего сгорания. В 3 кн. Кн. 1. Теория рабочих процессов: Учебник для вузов/В. Н. Луканин, К. А. Морозов, А.С. Хачиян и др.; Под ред. В. Н. Луканина и М. Г. Шатрова. – 3-е изд., перераб. И исправ. – М.: Высшая школа, 2007. – 479 с.: ил.

2. Орлов Б. В., Мазинг Г. Ю. Термодинамические и баллистические основы проектирования ракетных двигателей на твердом топливе: Учеб. пособие для вузов. – М.: Машиностроение, 1979.-392 с., ил. 88