

К МАТЕМАТИЧЕСКОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ ПРОЦЕССОВ СЖАТИЯ, ВПУСКА И ВЫПУСКА ГАЗОВ В ДВС

Фролов А. В. студент гр. АиАХ-21, Леонов Г. Н., д. ф.–м. н., профессор
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Современная техника предъявляет все более жесткие требования к мощностным и экономическим показателям двигателя, но их улучшение встречает все новые и новые трудности.

Как известно, двигатель внутреннего сгорания суть тепловая машина, в которой можно наблюдать протекание таких процессов как горение, различного рода химические превращения, а также колебательные явления тепловой и механической природы возникновения. Все эти явления тесно связаны друг с другом и протекают исключительно в определенной последовательности.

Также известно, что основными процессами в двигателе являются рабочий ход, выпуск и впуск газов, а также их сжатие. Понятно, что рабочий ход предназначен для того, чтобы получать полезную работу, в том числе и мощность двигателя. Остальные же три процесса являются своего рода вспомогательными и для их осуществления требуется затрачивание определенной полезной работы.

Актуальность данной работы состоит в том, что основываясь на физических представлениях рассматриваемых явлений, дается строгое математическое и физическое описание протекающим процессам. В виду того, что процессы выпуска и впуска тесно переплетены с газодинамикой, что усложняет их рассмотрение, то данная работа могла бы послужить примером для описания столь не простых процессов.

Научная новизна заключается в том, что для математического описания процессов сжатия, впуска и выпуска газов, ищутся физические аналоги рассматриваемых процессов с целью поиска адекватных для них дифференциальных уравнений, которые в высокой степени могли бы имитировать наши явления.

Наша задача состоит в том, что проводя физический анализ рассматриваемых процессов, отыскать такие явления и законы в природе, которые бы смогли адекватно указать пути для создания математической модели. В свою очередь, полученную математическую модель можно будет использовать для решения конечного числа инженерных задач.

Рассмотрим процесс выпуска газов с физической точки зрения. Поршень двигаясь в цилиндре, сжимает газ, выталкивая его через отверстие определенного сечения. Сразу можно заметить, что если бы газ выходил через отверстие быстрее или хотя бы с той же скоростью, чем сжимался бы, то это явление было бы аналогично вытеснению жидкости из определенного объема при нарастающей силе давления. Но все сложности возникают в том случае, если газ все-таки успевает сжиматься до своего выхода из цилиндра. Также следует отметить, что течение газа через отверстие возможно лишь за счет разности давлений между давлением газа внутри и снаружи. То есть истечение газа никогда не произойдет, если давление внутри цилиндра не будет превышать давление в выпускном коллекторе.

Рассматривая в том же стиле процесс впуска газов в цилиндр, можно сделать вывод о том, что процесс выпуска и впуска аналогичны друг другу с точностью до знака. Ну а рассмотрение процесса сжатия газов в камере сгорания не представляет особого труда, так как он является частным случаем процесса выпуска газов.

Теперь перейдем к главному. Пусть поршень движется с определенной скоростью. Газ будем считать упругим телом. Поршень наталкивается на упругое тело, т. е. газ, которое трудно сдвинуть с места, и пытается его сжать. Ну и когда поршень начинает ударяться об упругое тело, то последнее сжимается. Кинетическая энергия движущегося поршня уменьшается, а потенциальная энергия упругого тела увеличивается. При этом нужно учесть, что при рассмотрении процесса выпуска газа, нельзя считать, что кинетическая энергия поршня полностью перешла в потенциальную энергию газа, так как какое-то количество

газов все же выйдет через выпускное отверстие, то есть закон сохранения механической энергии не соблюдается. Этот пример показывает, что взаимодействие поршня и газа идентично взаимодействию поршня с пружиной, которую он сжимает. Процесс впуска эквивалентен процессу растяжения пружины поршнем. Ну а процесс сжатия газов идентичен процессу сжатия пружины, при этом имеет место закон сохранения механической энергии.

Используя основные сведения из физики и математики, запишем уравнение

$$m \frac{d^2 X}{dt^2} \pm k(t)X = \pm S \cdot P(t) \quad (1)$$

где m -масса поршня, кг;

X -ход поршня, м;

t -время, с;

$k(t)$ -некоторая функция суть жесткость пружины, $\frac{H}{m}$;

S -площадь поперечного сечения, m^2 ;

$P(t)$ -давление, Па.

В уравнении (1) знак плюс имеет место для процесса выпуска, а знак минус для впуска. В случае сжатия второе слагаемое в уравнении (1) отсутствует. Функция $k = k(t)$ отражает сопротивление газа сжатию, а также его выпуску или впуску. Функцию $k = k(t)$ можно считать заданной.

Очень важным фактом в данном исследовании является то, что путем подобных рассуждений нам удалось записать бесхитрое уравнение (1), которое смогло бы нас освободить от привлечения в математический аппарат более сложных уравнений типа математической физики.

Задание функции $k = k(t)$ позволяет без особых трудностей определить давление $P(t)$ при известных функциях пути и ускорения движения поршня по времени t . Функция $k = k(t)$ позволяет также учитывать количество отверстий, через которые осуществляется пропускание газа.

Литература

1. Крылов А. Н. О некоторых дифференциальных уравнениях математической физики. Учеб. Пособие. – Л.: ГИТТЛ, 1950. 368 с.
2. Физика. Часть 3 – Механика. Под ред. А. С. Ахматовой. Учеб. пособие. – М.: Изд-во Наука, 1974. 432 с.