Расчет энергетических и экономических показателей двигателя, работающего по регулируемому термодинамическому циклу

Татарников А.П., Папкин И.А.

ЗАО "МПОТК "ТЕХНОКОМПЛЕКТ"

Развитие механотронных систем управления газообменом и сгоранием позволяет существенно улучшить эффективность работы двигателя внутреннего сгорания. Применение механотронных систем управления газообменом и сгоранием позволяет изменять рабочий процесс, воздействуя на систему газообмена, систему зажигания и топливоподачи, что позволяет работать двигателю по регулируемому термодинамическому циклу. Для моделирования рабочего процесса двигателя с работой по регулируемому термодинамическому циклу была разработана математическая модель, позволяющая рассчитывать эффективные, индикаторные параметры двигателя.

В начале расчета задаются начальные условия, такие как: геометрические параметры двигателя (количество цилиндров, тактность, размеры цилиндра и т.п.) и элементов системы газораспределения (фазы газораспределения и геометрические параметры клапанов и распределительных валов), параметры смесеобразования.

Расчет изменения объема камеры сгорания проводится через геометрические зависимости механизма, а расчет эффективной площади проходных сечений органов газообмена выполняется по максимальному значению эффективной площади (mf)max и продолжительности посадки и подъема клапанов, определяемых зависимостями:

mfп.п.= 0,5*(mf)max*(1-cos((f-fн.о.)*3,14/fп.о.))

mfп.к.= 0,5*(mf)max*(1-cos((f-fн.з.)*3,14/fп.з.)),

где fн.о., fн.з. - углы поворота кривошипа, соответствующие началу открытия и началу закрытия клапана; fп.о., fп.з. - продолжительность подъема и посадки клапана в град. п.к.в. (определяются профилем кулачков распределительных валов).

Расчет основных параметров рабочего тела проводится по классической методике И.И. Вибе.

Расчет параметров газообмена производится с учетом потерь давления на тактах впуска и выпуска, выраженные через функции от скорости поршня и эффективной площади проходных сечений органов газообмена. Среднее давление в цилиндре на тактах выпуска и наполнения рассчитывается с учетом среднего давление потерь во впускных и выпускных клапанах, описываемых в виде функций от средней скорости поршня на расчетном режиме и эффективной площади проходных сечений, а так же эмпирической зависимости от площади поршня (p=f (mf, Wп, Fп)).

Расчет процесса выпуска обусловлен расчетом параметров газа в цилиндре в начале открытия выпускных клапанов, которые определяются совместным решением уравнения теплового баланса для участка индикаторной диаграммы от нижней мертвой точки до момента открытия выпускных клапанов и уравнения состояния. Расчет параметров газов учитывает надкритическое и подкритическое течения газов.

На участке перекрытия клапанов рассчитывается заброс отработавших газов во впускной коллектор, их перетекание обратно в цилиндр и начало поступления свежего заряда в цилиндр.

Расчет процесса впуска начинается с расчета изменения давления в цилиндре и расчета продуктов сгорания поступивших из впускного коллектора в цилиндр и последующего определения массы свежего заряда поступившего в цилиндр и части выброса свежего заряда в начале такта сжатия.

На следующем этапе расчета выполняется проверка выполненных расчетов по уравнению массового баланса, после чего определяется масса свежего заряда, коэффициент наполнения, отнесенный к условиям на впуске и коэффициент остаточных газов.

Расчёт процесса сжатия осуществляется без учёта теплообмена между рабочим телом и стенками рабочей полости, а также без учёта утечек рабочего тела через поршневые кольца. Среднее значение показателя адиабаты на участке сжатия определяется методом последовательных приближений.

При расчете процесса сгорания определим температуру рабочего тела (Tz) в конце участка сгорания из уравнения теплового баланса, после чего вычислим степень повышения давления, максимальное давление цикла и объем рабочего тела в конце участка сгорания.

Расчет процесса расширения заключается в определении параметров рабочего тела в конце рабочего хода. Среднее значение показателя политропы расширения определяется из уравнения теплового баланса для участка расширения методом последовательных приближений.

На последнем этапе расчетов определяются эффективные и индикаторные показатели двигателя (gi, ge, Ni, Ne, pe, pi, КПДе, КПДi, КПДм, Мк).

Работа выполнена в рамках государственного контракта № 16.526.12.6007 от «08» июля 2011 г. при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.