

УДК 621.43

Махмуд Машкур А. (асп., каф. ДВС), А.Ю.Шабанов, к.т.н., доц.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ ГОЛОВКИ ЦИЛИНДРА

Проблема надежности и эффективности ДВС как объектов проектирования, производства и эксплуатации во многом связана с теплонапряженностью его основных деталей, в частности головки цилиндров. Одним из наиболее перспективных путей снижения сроков и повышения качества проектирования сложных деталей является внедрение методов математического моделирования теплового и напряженного состояния, которые в сочетании со средствами конструкторской машинной графики составляют основу системы автоматизированного проектирования теплонапряженных деталей ДВС. В связи с этим, одной из проблем двигателестроения является создание расчетно-теоретических методов исследования теплового состояния и, в частности, локального теплообмена в ДВС. В современных условиях основным методом решения является использование расчетных методов анализа работоспособности конструкций, построенных на базе метода конечных элементов (МКЭ).

В данной работе предложен новый численный метод, позволяющий реализовать расчет граничных условий теплового состояния со стороны газоздушных каналов и камеры сгорания. Основными этапами расчета являются: одномерный анализ нестационарного процесса газообмена на участках система впуска и выпуска методом характеристик; трехмерный расчет квазистационарного течения потока во впускном и выпускном каналах перед клапаном МКЭ; расчет локальных коэффициентов теплоотдачи рабочего тела и расчет теплового состояния головки цилиндров поршневого двигателя. Результаты расчета замкнутого рабочего цикла двигателя (первый этап) используются в качестве граничных условий на последующих этапах.

Термодинамический процесс в цилиндре описывается с помощью нульмерной схемы. Процесс выгорания топлива задается с использованием формулы И.И.Вибе [1]. Процесс теплообмена в газоздушных каналах при открытых и закрытых клапанах имеет различную физическую природу (вынужденная и свободная конвекция соответственно), поэтому и описываются они по двум различным методикам. При закрытых клапанах используется методика, предложенная МГТУ [2], в которой учитываются три процесса переноса теплоты: за счет свободной конвекции; за счет вынужденной конвекции, обусловленной колебаниями столба газа в канале под воздействием переменной давления в коллекторах многоцилиндрового двигателя, и затухающей турбулентности, наведенной процессами газообмена.

При открытых клапанах процесс теплообмена подчиняется законам вынужденной конвекции, инициируемой организованным движением рабочего тела на такте газообмена. Расчет теплообмена в этом случае предполагает двухэтапное решение задачи: анализ локальной мгновенной структуры газового потока в канале и расчет интенсивности теплообмена через пограничный слой, образующийся на стенках канала.

Для описания газодинамических процессов в канале была выбрана упрощенная квазистационарная схема течения невязкого газа (система уравнений Эйлера) с переменной формой области из-за необходимости учета движения клапанов:

$$\nabla \vec{V} = 0$$

$$(\vec{V} \nabla) \vec{V} = -\frac{1}{\rho} \nabla p$$

В качестве граничных условий задавались мгновенные усредненные по сечению скорости газа на входном и выходном сечениях. В результате расчета с помощью МКЭ были получены мгновенные поля скоростей рабочего тела по объемам газоздушных каналов. Расчет процессов конвективного теплообмена в каналах строился по модели теплообмена при обтекании плоской стенки с учетом либо ламинарной, либо турбулентной структуры пограничного слоя.

По мгновенным значениям тепловых потоков в расчетных точках тепловоспринимающих поверхностей проводилось усреднение за цикл с учетом периода закрытия клапана. Итоговые поля коэффициентов теплоотдачи использовались для дальнейших расчетов температурного состояния головки блока цилиндров.

Сопоставление результатов расчета и эксперимента показало их удовлетворительную сходимость, погрешность расчета не превысила 3...4%.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Петриченко Р.М. Физические основы внутрицилиндровых процессов в двигателях внутреннего сгорания. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1983. 244 с.
2. Ивин В.И., Грехов Л.В. Теплообмен в выпускном канале ДВС при закрытом клапане // Двигателестроение, 1987, N4. С. 3-6.