УДК 621.43

ПОСТРОЕНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ ДВС И МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ В НЕЙ С ПОМОЩЬЮ CAD/CAE СИСТЕМ

Бирюк В.В., Горшкалев А.А., Каюков С.С., Угланов Д.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет), Самара, Россия

АННОТАЦИЯ

В данной статье представлены результаты расчета рабочих процессов двигателя внутреннего сгорания с помощью CAD/CAE - систем. Построение модели камеры выполнено с помощью программ SolidWorks и ANSYS Fluent. Проведен расчет газодинамических и тепловых процессов в цилиндре двигателя. Созданная 3D-модель экспортирована в ANSYS Fluent для газодинамического расчета. Полученные результаты показали высокую эффективность использования данных программ.

ВВЕДЕНИЕ

Современные CAD/CAE-системы, такие как ANSYS являются эффективными инструментами, обеспечивающими минимальные затраты материальных средств и времени при проектировании двигателей внутреннего сгорания [7].

ПОСТРОЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ МОДЕЛИ

На первом этапе проектирования выполняется построение части головки блока цилиндров с впускными и выпускными каналами в графическом редакторе SolidWorks. Далее после экспорта модели в ANSYS Gambit, с помощью булевых операций создается модель камеры сгорания с впускными и выпускными клапанами и вырезанными каналами [3]. Результат данных действий представлен на рисунке 1.

Далее в пакете «ANSYS Gambit» модель рассекается с помощью созданных вспомогательных поверхностей на 16 объемов, согласно схеме, представленной на рисунке 2.

Вспомогательные поверхности создаются в «ANSYS Gambit» в разделе Geometry с помощью следующих инструментов: Create Real Vertex, Create Straight Edge, Create Rectangular Face, Sweep Edges, Move/Copy Faces, Split Face. Объемы создаются с помощью инструмента Split Volume, в результате которых получается модель камеры сгорания.

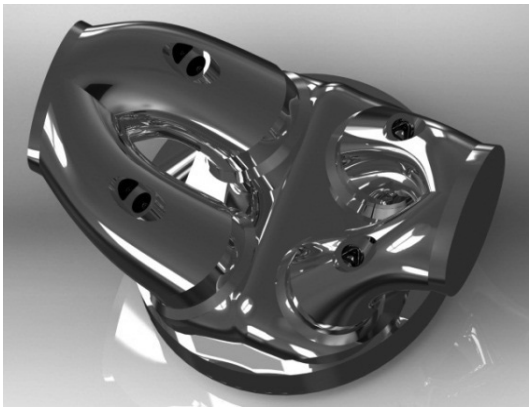

Рис.1 Модель камеры сгорания.

Рис.2 Схема объемов в модели камеры сгорания.

Рис.3 Рассеченные объемы вокруг клапанов.

Каждый из составляющих объемов модели (кроме впускного и выпускного каналов и камеры сгорания) рассекается вдоль с помощью вспомогательных плоскостей (по одной плоскости на каждый объем) (рисунок 3).

Центр этих плоскостей проходит через существующие точки центра дна клапанов.

Целью данных операций является обеспечение возможности использования конечно-элементной сетки с различными типами ячеек.

Далее задаются условия проницаемости (INTERFACES) соприкасающихся поверхностей между объемами. После чего выполняется настройка граничных условий давления на входе (PRESSURE_INLET) во впускном канале и давления на выходе (PRESSURE_OUTLET) из выпускного канала (рисунок 4).

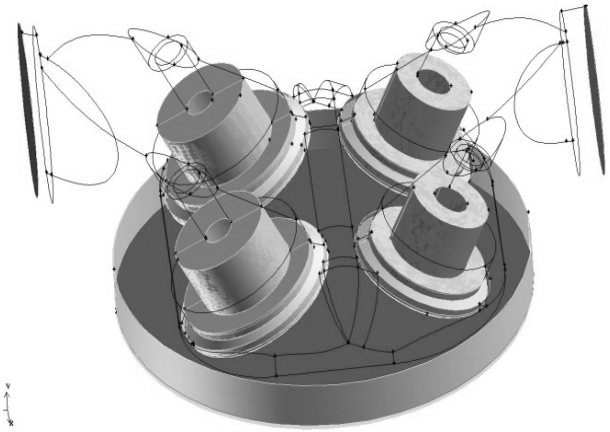

Рис.4 Зоны проницаемости и входа/выхода давления.

РАЗБИЕНИЕ МОДЕЛИ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЙ СЕТКОЙ

В разделе построения конечно-элементной сетки в ANSYS Gambit, в каждом разделенном надвое объеме на поверхностях соединяющих половины, накладывается сетка. В цилиндрических объемах с внутренней поверхностью образующей «пустоту» клапана строится четырехугольная сетка (Quad) с размером ячеек 0,5 мм с типом построения Pave, так как это тип позволяет получить элементы перпендикулярные образующей «пустоты» клапана.

В поверхностях кольцевого объема с профилем трапеции и параллелограмма накладывается сетка с размером ячеек 0,3 мм и типом построения Map. Размер выбирается с учетом того, что данные объемы соприкасаются между собой и содержат в себе область щели клапана, поэтому в данном месте для корректного расчета в ANSYS Fluent необходима умельченная сетка. Тип Map выбирается в связи с формой объемов, так как позволяет получить оптимальные по форме ячейки на поверхностях [5].

Используя инструмент «Cooper» и наложенную сетку на поверхностях в качестве источника, создается конечно-элементая сетка с размером ячеек 1 мм.

В объеме камеры сгорания накладывается треугольная конечно-элементая сетка с размером ячейки равным 2 мм, достаточным для газодинамического расчета в первом приближении. Во впускном и выпускном каналах накладывается треугольная сетка с размером ячейки равным 2 мм, так как данные области

статичные и не требовательны к малым размерам ячеек (рисунок 5).

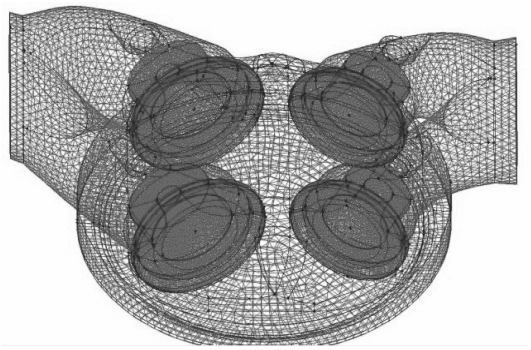

Рис.5 Модель камеры сгорания с наложенной сеткой.

В надпоршневом объеме создана конечно-элементная сетка с ячейками в форме призмы.

Конечно-элементная сетка выполненная данным образом позволяет получить высокие результаты газодинамического и теплового расчета основных параметров рабочего тела в поршневом двигателе.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

После газодинамического расчета модели в решателе ANSYS Fluent были получены поля распределения давления, температуры и скоростей в объеме модели от угла поворота коленчатого вала [5][6].

Анализ индикаторной диаграммы полученной в тепловом расчете [1][2] и значений термодинамических параметров рабочего тела, полученных при расчете в ANSYS Fluent показал, что расхождение давлений составляет менее 5%, давление PZД в верхней мертвой точке отличается на 4,5% (рисунок 6).

Результаты расчета с достаточно высокой точностью описывают физику процессов в цилиндре ДВС.

Увеличение количества реакций, описывающих процесс горения, позволит повысить точность результатов и максимально приблизить их к экспериментальным значениям.

Внедрение в модель параметризации деталей позволяет использовать её для различных конструкций камер сгорания.

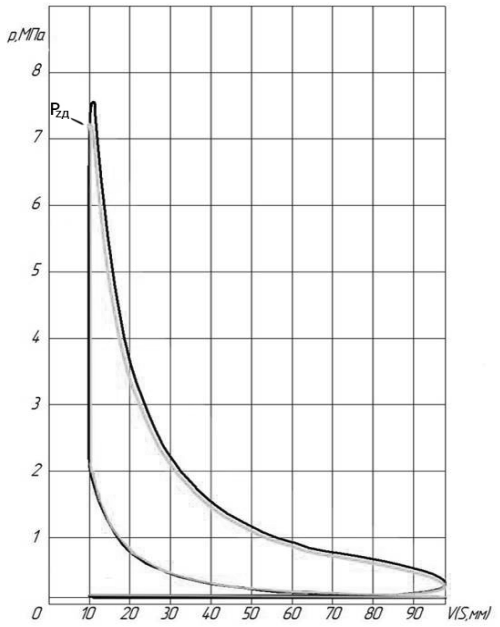

Рис.6 Сравнение индикаторных диаграмм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Орлин А.С. Двигатели внутреннего сгорания. Устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей. - М.: Машиностроение, 1990, 253 с.

2. Колчин А.И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей./ Колчин А.И., Демидов В.П. - М.: Высшая школа, 2008. - 496 с.

3. Батурин О.В. Расчет течений жидкостей и газов с помощью универсального программного комплекса. Часть 2. Построение расчетных моделей в препроцессоре Gambit/ О.В. Батурин, И.И. Морозов, В.Н. Матвеев – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2008. – 125 с.
4. Батурин О.В. Расчет течений жидкостей и газов с помощью универсального программного комплекса. Часть 3. Работа в программе Fluent/ О.В. Батурин, И.И. Морозов, В.Н. Матвеев – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2008. – 115 с.
5. Бирюк В.В. Расчет тепловых процессов в камере сгорания ДВС с помощью программы «FLUENT»./ В.В. Бирюк, А.А. Горшкалёв, М.Ю. Орлов, Д.А. Угланов – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2011. – 71 с.
6. Бирюк В.В. Моделирование тепловых и газодинамических процессов в двухтактном поршневом двигателе с помощью программы Fluent./ В.В. Бирюк, М.Ю. Орлов, Д.В. Сморкалов, Д.А. Угланов – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2011. – 92 с.
7. Приходько А.А. Компьютерные технологии в аэрогидродинамике и тепломассообмене/ А.А. Приходько - Киев: Изд-во Наукова Думка, 2003 – 379 с.

© Бирюк В.В., Горшкалев А.А., Каюков С.С., Угланов Д.А.