

# Использование высокопроизводительного вычислительного кластера для решения трехмерной многоконтактной задачи механики деформируемого твердого тела

Н.Н. Куриков

Актуальной задачей проектирования нового двигателя и модернизации имеющейся конструкции является повышение его удельной мощности за счет снижения массы. Такая цель может быть достигнута, в частности, снижением массы компонент шатунно-поршневой группы. Отдельно в качестве объекта исследования можно выделить конструкцию прицепного шатуна. При этом конечной целью ставится нахождение его оптимальной формы, обеспечивающей минимальную массу объекта при сохранении его прочностных и жесткостных характеристик.

Задание правильного внешнего воздействия на шатун требует принятия во внимание податливостей деталей шатунно-поршневой группы, находящихся в непосредственной близости с ним – необходимо решение нелинейной контактной задачи взаимодействия нескольких тел.

В работе представлено решение нелинейной контактной задачи с помощью комплекса Abaqus на вычислительном кластере.

Конечно-элементная сетка состоит из 226171 элементов (четырёх- и десятиузловые тетраэдры), построенных на 287041 узле. Общее количество контактных элементов в модели – 25014. Тип контакта: жесткий контакт поверхность-поверхность, наиболее подходящий для общих случаев взаимодействия. Учтены все инерционные нагрузки.

КЭ расчеты осуществлялись с помощью решателя Abaqus/Standard версии 6.9.2 (при использовании прямого решателя систем уравнений) в статической постановке, без учета нелинейных геометрических эффектов. Была проведена серия расчетов с использованием различного количества ядер (2, 6, 12, 24) для одной и той же КЭ сетки при одном и том же положении механизма. Минимальное количество использованных ядер, равное 2, обусловлено размерностью задачи и конфигурацией вычислительного кластера (11 узлов, оснащенных двумя четырехъядерными процессорами Intel Quad Core и восемью гигабайтами оперативной памяти каждый). Задача требовала порядка 10-11 гигабайт оперативной памяти, в связи с чем решение ее было возможным не менее, чем на двух узлах. Количество уравнений в задаче составляло порядка 1370000, на каждой итерации осуществлялось  $(1...2)e12$  операций с плавающей запятой.

В серии расчетов оценивалось общее время решения задачи, среднее время счета одной итерации, ускорение. Приводится сравнение этих параметров для различного числа использованных ядер.

## Литература

1. Abaqus version 6.9 Documentation
2. Биргер И. А. и др. Авиационные поршневые двигатели. Под ред. И. Ш. Неймана. М., Государственное издательство обороной промышленности, 1950 г.
3. Василевский Б. И. Исследование напряженно-деформированного состояния шатунов двигателей внутреннего сгорания. Автореферат на соискание ученой степени кандидата технических наук. Ленинград, 1978 г.
4. Ливенцев Ф. Л. Двигатели со сложными кинематическими схемами. Л., Машиностроение, 1973 г.
5. Научно-технический журнал “Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний”. М., Издательский центр “Техинформ МАИ”. Номер 2, 2009 г.