

Анализ эффективности применения параллельных алгоритмов на основе OpenMP и MPI для решения упруго-пластических задач прямыми методами.

И.П. Демешко, А.В. Коновалов

Решение упруго-пластических задач методом конечных элементов связано с большими временными затратами, так как для их решения требуется десятки тысяч раз формировать и решать систему линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Применение параллельных технологий позволяет существенно сократить время вычислений.

Разработаны параллельные алгоритмы для решения рассматриваемого класса задач на примере задачи сжатия цилиндра плоскими плитами. Решение задачи сжатия цилиндра основывается на принципе виртуальной мощности в скоростной форме [1]:

$$\int_V (\sigma + \Delta t \dot{\sigma}) \cdot \nabla h dV + \int_{\Sigma} (P + \Delta t \dot{P}) \cdot h d\Sigma = 0 \quad (1)$$

На каждом шаге конечно-элементная аппроксимация задачи сводит уравнение (1) к СЛАУ

$$Az = b, \quad (2)$$

где A , b , z - соответственно матрица, вектор правой части и вектор решения системы. Матрица A имеет ленточный вид.

Решение задачи сжатия цилиндра плоскими плитами на шаге нагрузки состоит из трех основных этапов: подготовки матрицы A , решения СЛАУ и вычисления напряженно-деформированного состояния в конце шага нагрузки. Параллельные алгоритмы разработали для трех этапов решения задачи. Их реализацию осуществили на многопроцессорном вычислительном комплексе PrimePower-850, установленном в Институте математики и механики УрО РАН, на языке Си с помощью библиотеки MPI и технологии параллельного программирования OpenMP. PrimePower-850 является восьмипроцессорным вычислительным комплексом с общей памятью.

Результаты распараллеливания этапов формирования матрицы и вычисления напряженно-деформированного состояния в конце шага нагрузки показали увеличение значения ускорения времени вычисления с увеличением числа процессоров. Алгоритм распараллеливания этих этапов состоит в распределении вычислений между процессорами по количеству обрабатываемых переменных сетки на равные части. За ускорение принято отношение времени решения задачи на нескольких процессорах ко времени решения на одном процессоре.

Применили два параллельных алгоритма реализации метода Гаусса для решения СЛАУ. Первый алгоритм [2] основан на разбиении матрицы A на части, кратные числу процессоров. Второй алгоритм основан на распределении вычислений этапа обнуления столбца между процессорами. Первый алгоритм показал увеличение времени вычисления и уменьшение ускорения с ростом числа процессоров. Это объясняется существенными затратами времени на пересылку информации между процессорами. Второй алгоритм показал увеличение ускорения вычисления задачи при увеличении числа процессоров.

Выполнили сравнение коэффициентов ускорения и эффективности параллельных алгоритмов, использующих библиотеку параллельного программирования MPI и технологию OpenMP. Использование технологии OpenMP на многопроцессорных вычислительных системах с общей памятью более эффективно, чем библиотеки параллельного программирования MPI.

Литература

1. Коновалов А. В. Определяющие соотношения для упругопластической среды при больших пластических деформациях // Известия РАН. Механика твердого тела. 1997. № 5. С. 139-149.
2. Корнеев В.Д. Параллельное программирование в MPI. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2000. 220с.