

## Эффективность распараллеливания модели протеза сустава в инженерных пакетах

Р.И. Гарипов, П.Ю. Максимова, А.М. Ямилева, А.А. Гайнетдинова

Уфимский государственный авиационный технический университет

Моделирование протезирования суставов является перспективной отраслью, так как позволяет исследовать влияние формы протеза и кости на напряженно-деформированное состояние костной ткани. Вследствие сложной формы кости и наличия большого числа контактов расчеты оказываются ресурсоемкими и требуют применения суперкомпьютерных технологий уже на этапе упрощенных моделей.

В данной работе проводится исследование эффективности распараллеливания расчетов при моделировании нагрузки на эндопротез тазобедренного сустава в инженерных пакетах SIMULIA Abaqus 6.14 (далее Abaqus) и ANSYS Mechanical 15 (далее ANSYS). В модели была использована нерегулярная тетраэдральная сетка со средним числом узлов от 20000 до 100000 (Рис. 1, случай 40 000 узлов).

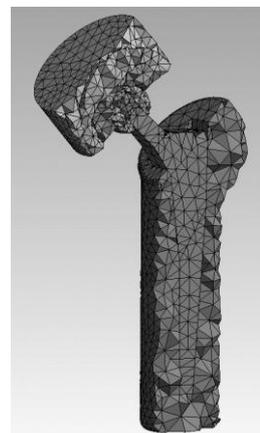


Рис. 1. Модель протеза

На начальных этапах были произведены расчеты ускорения и эффективности. На Рис. 2 представлены результаты расчетов в виде графиков зависимости от количества используемых ядер при разном количестве узлов в сетке модели. Для выполнения работы была использована рабочая станция с процессором Intel Xeon CPU E5 1650 и ОЗУ 64 Гб DDR 3 1600 MHz.

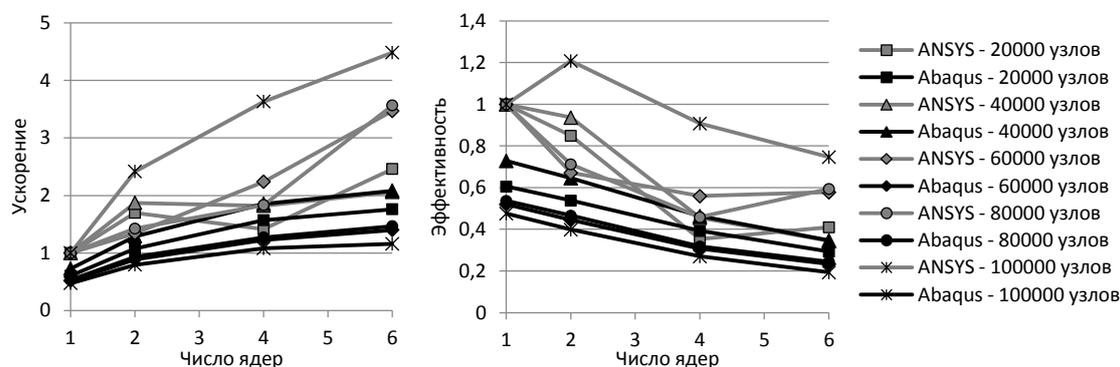


Рис. 2. Зависимости ускорения (слева) и эффективности (справа) от количества ядер относительно расчета в ANSYS на одном ядре

В большинстве случаев ANSYS показывает лучшее ускорение, но наблюдается нестабильность результатов в зависимости от объема задачи. Зависимость ускорения от числа ядер в случае Abaqus почти линейна при любом размере сетки. С увеличением размерности задачи ускорение в Abaqus падает, тогда как для ANSYS четкой тенденции не прослеживается.

Эффективность распараллеливания с увеличением количества ядер при дроблении шага сетки меняется аналогичным образом. График зависимости в Abaqus близок к линейному, а в ANSYS в большинстве случаев происходит резкий спад при использовании более 2 ядер. Появление в случае ANSYS значения эффективности выше 1 может быть вызвано особенностями модели и требует более подробного изучения.

Таким образом, при выполнении задач малой размерности для Abaqus целесообразно выполнять расчеты на максимальном количестве ядер, а для ANSYS эффективнее запускать параллельно несколько задач, используя 1-2 ядра для каждой.

В дальнейшем планируется усложнение модели и, в частности, геометрии и запуск расчетов на суперкомпьютере УГАТУ.

## **Parallelization efficiency of model of joint implant with finite element software**

*Razim Garipov, Polina Maximova, Aliya Gainetdinova and Alfiya Yamileva*

**Keywords:** Joint implant, finite element analysis, ANSYS, Abaqus

Joint implants simulation allows investigating the effect of implant's and bone's shape on stress-strain state of bony tissue. A simulation is resource-intensive due to the complex geometry and the large number of contacts in model. So it requires using supercomputer technologies actually on simplified simulation. A parallelization study with different software of finite element analysis is necessary for obtaining of resource efficient computer model. Comparison of computation results which obtained with Simulia/Abaqus and ANSYS Mechanical was performed.