

## Решения EMT P - ARBYTE для инженерных расчётов

В рамках *договора о сотрудничестве технические специалисты компаний ЗАО "EMT P" и ARBYTE* провели работы по тестированию аппаратных решений компании ARBYTE для инженерных расчетов расчетных комплексов компании ANSYS, Inc.

Целью работ являлось определение оптимального состава средств вычислительной техники, необходимого для проведения комплексного инженерного анализа, с учетом стоимости лицензий на использование программного обеспечения при проведении расчетов задач большой размерности (для расчетов требуется высокопроизводительные вычислительные комплексы), используя решатели программных продуктов ANSYS, Inc.

Практически все пользователи программных продуктов ANSYS в процессе его освоения и использования рано или поздно приходят к решению задач большой размерности. Во многих расчетных случаях дальнейшее увеличение точности расчета возможно лишь при учете всех особенностей геометрии, или при учете работы в составе сборки. При поиске оптимального решения порой необходимо решить десятки, а иногда и сотни вариантов для нахождения требуемого критерия. Эти факторы ведут к увеличению размерности расчетной модели и увеличению времени счета.

Для многих пользователей одним из важнейших критерием при выборе программных продуктов фирмы ANSYS, Inc. является возможность решать в них задачи подобного класса, используя технику параллельных вычислений на различных платформах.

Для решения задач большой размерности в ANSYS кроме значительных вычислительных ресурсов требуются еще лицензии для распараллеливания на дополнительные ядра (подробнее смотрите раздел «Решения» – «Параллельные вычисления» на сайте [www.ansys.msk.ru](http://www.ansys.msk.ru)).

В данной статье будут рассмотрены два программных продукта ANSYS: решатель ANSYS и решатель ANSYS CFX.

Обращаем ваше внимание, что с версии 11.0 изменяется лицензирование распараллеливания решателя. Решатель ANSYS 11.0 использует лицензию на распараллеливание решения *ANSYS Mechanical HPC* (HPC – High Performance Computing). Теперь это лицензия на каждый дополнительный процессор/ядро после второго. Как и ранее при использовании двух процессоров/ядер для решателя ANSYS не требуется дополнительной лицензии на параллельность.

Изменена также и сама процедура запуска решателя ANSYS как в режиме распараллеливания с общей памятью Shared Memory Parallel (SMP), так в режиме распределенной памяти Distributed Memory Parallel (DMP).

С точки зрения реализации распараллеливания решателя ANSYS, удобнее применение вычислительных систем, использующих режим распараллеливания с общей памятью Shared Memory Parallel (SMP), так как при этом не требуется покупать и конфигурировать высокоскоростной сетевой интерконнект (Infiniband, Myrinet, Quadrics) и настраивать специальное программное обеспечение для управления передачей данных между вычислительными узлами Message Passing Interface (MPI).

В дистрибутивах ANSYS для операционных систем Microsoft Windows присутствует бесплатная свободно распространяемая реализация MPI – MPICH2. Для установки MPICH2 на операционных системах Microsoft Windows необходимо использовать MS Development Environment, Visual Studio или gcc для компиляции C/C++ MPI программ и Intel Fortran 8.0 или g77 для компиляции Fortran MPI программ.

Также можно использовать Microsoft Compute Cluster Pack (MS MPI) для Windows 64-bit / Windows Server 2003 x64 и Windows Compute Cluster Server 2003.

Для Linux Intel (включая EM64T) и AMD (32- and 64-bit) используется HP MPI 2.2.2.

Для других операционных систем сведения приведены в документации ANSYS.

**Таблица 1. Возможности распараллеливания решателей ANSYS**

Solvers/Feature	Shared-Memory	Distributed ANSYS
PCG	Да	Да
JCG	Да	Да
Distributed sparse	–	Да
AMG	Да	–
Sparse	Да	Да*
ICCG	Да	–
Формулировки элементов и вычисление результатов	Да	Да

\*Работает в режиме *shared-memory parallel* только на локальном компьютере. Формулировки элементов и вычисление результатов при этом будут вычисляться в режиме *distributed-memory parallel*.

При выборе типа решателя следует принять во внимание следующие соображения.

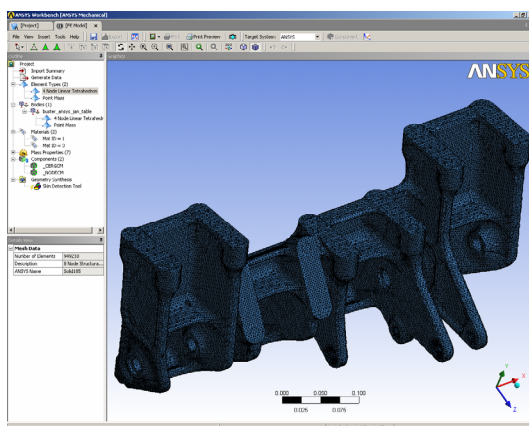
Решатель PCG оперирует малыми значениями операций ввода/вывода дисковой системы (I/O). Поэтому его использование на одном компьютере при решении нескольких процессоров показывает хорошее быстродействие, так как эти процессоры быстро обмениваются информацией друг с другом по общей системной шине. Решатель DSPARSE «по умолчанию» работает в режиме вне диапазона оперативной памяти. При этом он оперирует большими значениями операций ввода/вывода дисковой системы (I/O).

Запуск решателя ANSYS в режиме распараллеливания возможен в нескольких вариантах: с командной строки в пакетном режиме, используя ANSYS Product Launcher. Для Windows x64 при использовании Microsoft Compute Cluster Pack (MS MPI) необходимо применять Job Scheduler, при использовании ANSYS Workbench – Remote Solve.

Представлены результаты тестов решателей ANSYS 11.0 и CFX 11.0, выполненных совместно компанией ЗАО «ЕМТ Р» – официальным дистрибьютором ANSYS, Inc. в России и ее партнером по аппаратно-вычислительным комплексам – компанией ARBYTE Computers.

## Тестирование ANSYS

Для тестирования распараллеливания аппаратно-вычислительных комплексов с использованием решателя ANSYS была выбрана модель кронштейна забустерной части управления несущего винта вертолета. Конечно-элементная сетка для модели показана на рис. 1.



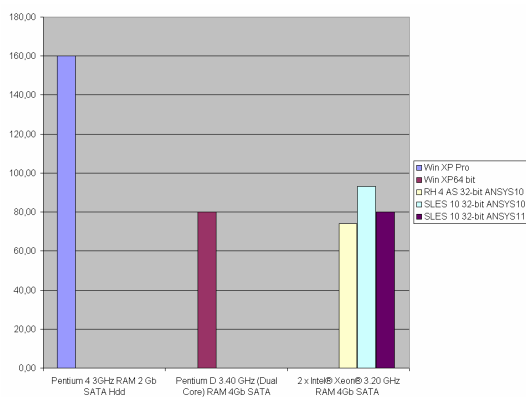
**Рис. 1. Объект тестирования параллельных возможностей решателя ANSYS на различных аппаратных платформах**

Модель состоит из 949218 элементов SOLID185 с четырьмя узлами. Размерность задачи составила 578 498 степеней свободы (DOF). Последовательно рассматривалось 5 вариантов нагружения.

Тип анализа – статический. Использовался решатель SPARSE MATRIX DIRECT SOLVER в режиме Shared Memory Parallel (SMP).

Решение проводилось как на рабочих станциях и серверах начального уровня под управлением различных операционных систем, так и на мощных серверах.

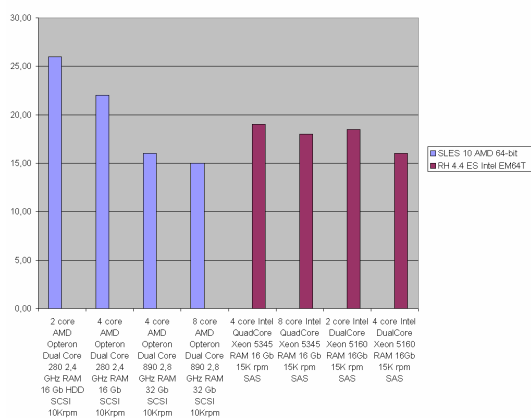
Результаты тестирования для рабочих станций и сервера начального уровня приведены на рис. 2. Высота столбцов диаграммы показывает время решения задачи в минутах.



**Рис. 2. Результаты тестирования ANSYS для рабочих станций и сервера начального уровня**

Результаты тестирования на мощных серверах представлены на рис. 3.

Решения на платформе Intel Xeon получены на серверах ARBYTE Computers под управлением операционной системы Red Hat Enterprise Linux 4.



**Рис. 3. Результаты тестирования ANSYS на мощных серверах**

### Тестирование ANSYS CFX

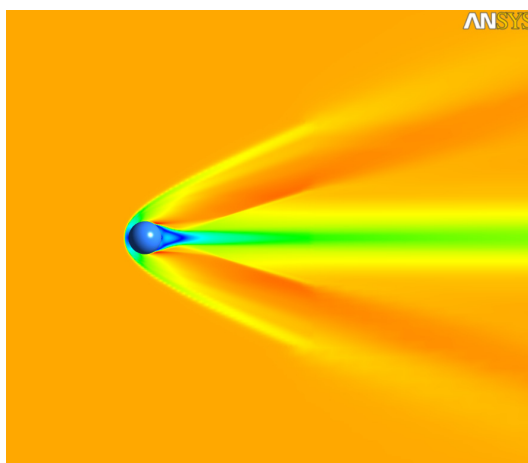
Программный комплекс ANSYS CFX предназначен для решения задач вычислительной гидродинамики. Он позволяет рассчитывать широкий диапазон течений по числу Маха, многофазные и многокомпонентные течения. С его помощью моделируют внешнее обтекание самолетов и автомобилей, проектируют турбины и компрессора.

При рассмотрении реальных промышленных задач расчетная модель должна обеспечивать точную передачу геометрии без упрощений, характерных для задач НДС. В ряде случаев даже наличие геометрической симметрии в модели не позволяет рассматривать половину модели, вследствие несимметричности течения. Это приводит к серьезному увеличению размерности и увеличению времени счета. Характерные размерности для задач внешнего обтекания могут быть до 50 млн. элементов и более, в зависимости от детализированности геометрии и примененных расчетных моделей.

В качестве тестовых моделей рассматривались две модели различной размерности.

Первая модель представляет собой сферу, находящуюся в потоке сверхзвукового идеального сжимаемого газа с числом Маха 3,5. Размерность модели составила 1 млн. гексаэдров. В расчете применялась модель турбулентности SST. Эта модель использует для решения около 2 Гб оперативной памяти и может быть запущена на решение на стандартном компьютере.

Эту модель можно рассматривать как базовую точку для сравнения производительности серверов и стандартных настольных систем. Несмотря на то, что решение столь небольших задач на серверах не рекомендуется, ускорение данного расчета представляет большой интерес при поиске оптимальных вариантов конструкции.



**Рис. 4. Обтекание сферы сверхзвуковым потоком газа**

Вторая тестовая модель представляет собой упрощенную модель крылатой ракеты с оперением, находящуюся в потоке сжимаемого идеального газа с околозвуковой скоростью.

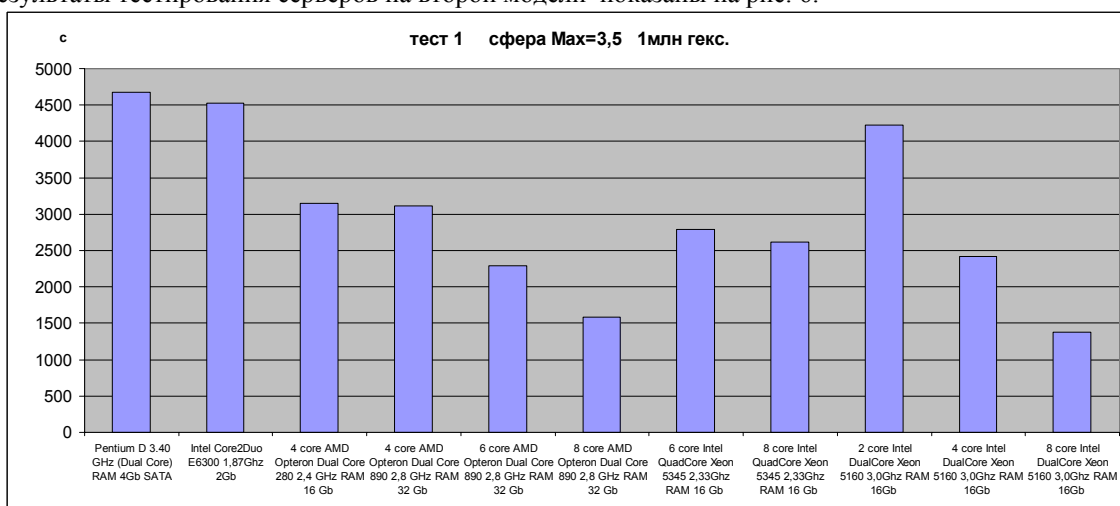
Моделирование трансзвуковых течений представляет собой серьезную задачу, требующую четкой проработки модели для определения точных характеристик отрывных течений и положения сверхзвуковых скачков. Размерность данной задачи составила 5 млн. гексаэдрических элементов. В расчете применялась модель турбулентности SST. Данная модель использовала при решении порядка 8 Гб оперативной памяти.

Для всех тестов использовались фиксированное количество итераций, сходимость первой модели происходила на 33-й итерации, а второй на 70-й итерации. Критерий сходимости по невязкам устанавливался на  $1,0e-4$ .

Комплекс ANSYS CFX обладает возможностью параллельных расчетов для всех физических моделей. Несмотря на большой размер модели, решатель при работе практически не использует дисковую систему. Из-за этого применение дисковых систем на основе SCSI или SAS не приводит к существенному ускорению расчета. Лицензирование на параллельность в ANSYS CFX также осуществляется по процессорам/ядрам.

Результаты тестирования серверов на первой задаче представлены на рис. 5. Для относительного сравнения на этом рисунке также приведены результаты тестирования на стандартных настольных системах на основе Pentium D и Core2Duo. Время указано в секундах. Более точно данные можно проанализировать по таблице 2.

Результаты тестирования серверов на второй модели показаны на рис. 6.



**Рис. 5. Результаты тестирования CFX на модели 1**

**Таблица 2. Сводная таблица результатов тестирования CFX на модели 1**

Pentium D 3.40 GHz (Dual Core) RAM 4Gb SATA	4680
Intel Core2Duo E6300 1,87Ghz 2Gb	4530
4 core AMD Opteron Dual Core 280 2,4 GHz RAM 16 Gb	3145
4 core AMD Opteron Dual Core 890 2,8 GHz RAM 32 Gb	3118
6 core AMD Opteron Dual Core 890 2,8 GHz RAM 32 Gb	2292

8 core AMD Opteron Dual Core 890 2,8 GHz RAM 32 Gb	1589
6 core Intel QuadCore Xeon 5345 2,33Ghz RAM 16 Gb	2789
8 core Intel QuadCore Xeon 5345 2,33Ghz RAM 16 Gb	2610
2 core Intel DualCore Xeon 5160 3,0Ghz RAM 16Gb	4226
4 core Intel DualCore Xeon 5160 3,0Ghz RAM 16Gb	2415
8 core Intel DualCore Xeon 5160 3,0Ghz RAM 16Gb	1380

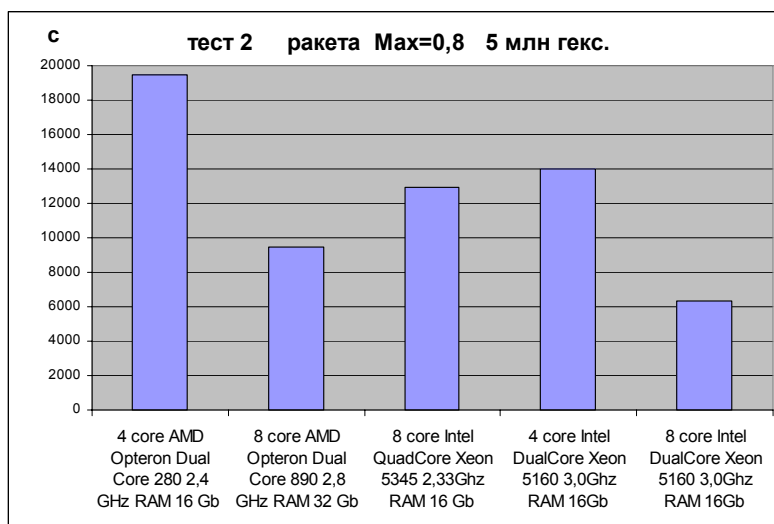


Рис. 6. Результаты тестирования CFX на модели 2

Таблица 3. Сводная таблица результатов тестирования CFX на модели 2

4 core AMD Opteron Dual Core 280 2,4 GHz RAM 16 Gb	19480
8 core AMD Opteron Dual Core 890 2,8 GHz RAM 32 Gb	9480
8 core Intel QuadCore Xeon 5345 2,33Ghz RAM 16 Gb	12960
4 core Intel DualCore Xeon 5160 3,0Ghz RAM 16Gb	13980
8 core Intel DualCore Xeon 5160 3,0Ghz RAM 16Gb	6360

По результатам тестирования можно отметить стабильную работу программного комплекса ANSYS и ANSYS CFX на всех представленных платформах и операционных системах. Рекомендации по выбору оптимальной конфигурации программно-вычислительного комплекса можно получить в компаниях ЗАО «EMT P» и ARBYTE Computers.

#### О компании Arbyte Computers

Компания ведет свою деятельность на российском рынке с 1991 года. Основной задачей компании является создание комплексных ИТ решений для корпоративного рынка.

Компания Arbyte Computers, являясь партнером компании ЗАО «EMT P», последние несколько лет проводит совместные тестирования новых программных продуктов ANSYS и аппаратных платформ Arbyte, что позволяет находить оптимальные конфигурации для проведения инженерных расчетов.

Специалистами компании Arbyte Computers ([www.arbyte.ru](http://www.arbyte.ru)) при непосредственном участии специалистов ЗАО «EMT P» было проведено тестирование программных продуктов ANSYS 11.0 на линейке серверов Alkazar производства Arbyte Computers.

В качестве тестируемой задачи для комплекса ANSYS 11.0 была предложена реальная задача по расчету пяти вариантов нагружения «Кронштейна». Тестирование проводилось на 2-х процессорных платформах с двумя типами процессоров (2-х и 4-х ядерными). Результаты тестирования ANSYS 11.0 показали, что оптимальной конфигурацией в отношении цена/производительность является конфигурация сервера ARBYTE Alkazar:

2 CPU Intel DualCore Xeon 5160  
16Gb FBRAM  
73 GB 15000 rpm SAS Hdd  
Red Hat 4.4 ES EM64T  
ANSYS 11 для Linux EM64T

Результаты тестирования позволили сделать вывод, что использование 4-х ядерных процессоров (например, Intel Quad Core Xeon 53XX) не дает существенного прироста производительности. А

использование 4-х процессорных платформ экономически неоправданно (рост цены на 4-х процессорное решение в 2-3 раза при приросте производительности менее чем на 20%).

Вторым этапом было проведено тестирование программного продукта ANSYS CFX 11.0 на линейке серверов ARBYTE Alkazar на тестовой задаче «Трансзвуковое и сверхзвуковое обтекание крылатой ракеты». Результаты тестов показали, что оптимальной конфигурацией для данного программного пакета и данного типа задач является следующая конфигурация сервера ARBYTE Alkazar:

2 CPU Intel Dual Core Xeon 5160  
16 GB FBRAM  
80 Gb SATA2 Hdd  
Red Hat 4.4 ES EM64T  
ANSYS 11 CFX для Linux EM64T

Результаты тестирования показали, что для решателя ANSYS CFX существенный прирост производительности может обеспечить объединение 2-х и более узлов предложенной конфигурации в кластер. Использование 4-х ядерных процессоров также как и для задач расчета НДС на текущий момент времени экономически нецелесообразно. Следует обратить внимание на то, что в отличии от решателя ANSYS замена дисков SATA на SAS или SCSI не дает прироста производительности для решателя ANSYS CFX.

Компания SGI в начале 2007 года представила на рынок новые преконфигурированные кластеры Altix XE, построенные на базе двух- и четырехядерных процессоров Intel Xeon.

Одним из наиболее интересных решений для вычислительных узлов является сервер SGI Altix XE 310, который содержит до 16 ядер и до 64Гб памяти в форм-факторе 1U. Сервер Altix XE 310 построен с использованием материнских плат половинного размера и содержит два независимых вычислительных узла, которые питаются от одного блока питания. Такая структура построения вычислительных узлов позволило существенно снизить цену на кластер. Использование таких серверов в качестве вычислительных узлов кластера позволяет достичь высокой плотности вычислений (до 476 ядер и 4.95 TFlор на шкаф) при значительной экономии потребляемой энергии. Еще одним из интересных решений является использование водяного охлаждения в кластерных системах SGI.

Кластерные решения SGI, полностью интегрируемые на заводе компании, могут поставляться как с Gigabit Ethernet так и с Infiniband в качестве вычислительного интерконнекта.

В качестве общего программного обеспечения для кластера возможен выбор между Redhat Linux, SUSE Linux и Microsoft Windows Compute Cluster Server. Кластеры SGI комплектуются дополнительным программным обеспечением, включающим средства управления кластером – Scali Management, параллельные библиотеки Intel MPI и средства управления Infiniband. Также предлагается SGI ProPack – надстройка над Linux, содержащая пакеты расширения функционала и повышения производительности, а также Altair PBSpro – средство управления пакетными задачами в кластерной инфраструктуре.

В области систем хранения данных компания SGI предлагает как собственно высокопроизводительные и масштабируемые дисковые массивы серии InfiniteStorage (например, IS10000-240ТБ в одном шкафу), так и программное обеспечение по управлению данными (CXFS – кластерная файловая система, DMF – иерархическая система хранения данных), комплексные SAN и NAS решения.

Использование систем хранения и управления данными SGI InfiniteStorage позволяет решить вопрос высокопроизводительного одновременного доступа к данным в кластерных системах.

Полный спектр продукции SGI, а также техническую поддержку и обучение предоставляет национальный дистрибьютор компании SGI в России – компания Arbyte.

#### **О компании ЗАО «ЕМТ Р»**

Компания ЗАО «ЕМТ Р» основана в 1994 году и на сегодняшний день занимает лидирующие позиции на отечественном рынке систем инженерного анализа (CAE). Головной офис компании находится в Москве. Филиалы компании расположены в г. Иркутске и в г. Киев (ООО "ЕМТ У", Украина). Компания ЗАО «ЕМТ Р» является авторизованным дистрибьютором, инженерно-консалтинговым и учебным центром ANSYS, Inc. в России и странах СНГ.