

Повышение эффективности решения инженерных задач при использовании технологий MSC.Software и вычислительных систем с графическими процессорами NVIDIA

В последние годы достаточно активно развивается направление по использованию графических процессоров (Graphics Processing Unit – GPU) в решении инженерных задач. Однако далеко не все типы графических карт позволяют проводить высокопроизводительные вычисления эффективно и корректно. Для работы в инженерных приложениях для этих целей лучше всего подходят профессиональные видеокарты серии NVIDIA Quadro и специализированные графические карты NVIDIA Tesla. Кроме оптимизации под промышленные стандарты оба указанных графических процессора поддерживают опцию ECC (Error Correction Code), существенно повышающую корректность и надежность результатов. Компания MSC.Software – мировой лидер в разработке программного обеспечения для решения инженерных задач в области механики, термодинамики, гидрогазодинамики и других областях, разработала версии программного обеспечения (MSC Nastran 2012 и Marc 2012), которые поддерживают вычисления на GPU.

В MSC Nastran 2012 решение задач с использованием GPU может быть осуществлено в следующих последовательностях решений:

- ▶ SOL 101 – решение задач линейной статики;
- ▶ SOL 103 – решение задачи поиска собственных значений;
- ▶ SOL 110 – решение задачи поиска комплексных собственных значений в модальной постановке;
- ▶ SOL 111 – решение задач частотного отклика в модальной постановке;
- ▶ SOL 112 – решение задач линейной динамики в модальной постановке;
- ▶ SOL 400 – решение задач нелинейной и линейной статики;
- ▶ SOL 200 – решение задач оптимизации (в случае, если задача оптимизация решается с использованием вышеперечисленных последовательностей решений – SOL 101, 103, 110, 111, 112, 400).

При решении вышеперечисленных задач графические процессоры используются только для математических операций, связанных с факторизацией разреженных матриц. Все остальные вычислительные операции производятся центральным процессором (Central Processing Unit – CPU) компьютера.

Оценки производительности вычислительной системы с GPU с использованием технологии NVIDIA Maximus,

объединяющей в рамках одной рабочей станции графические процессоры Quadro и Tesla, производились на тестовом стенде, предоставленном компанией ARBYTE, разработчиком и поставщиком решений, продуктов и услуг в области информационных технологий. Конфигурация Maximus позволяет обеспечить возможность одновременной работы с разными ресурсоемкими задачами/приложениями. Процессоры Tesla автоматически берут на себя выполнение вычислительных задач (фотореалистичный рендеринг или вычисления для инженерного моделирования). Это снимает нагрузку с ресурсов CPU, а также позволяет графическому процессору Quadro осуществлять требующую высокой производительности интерактивную визуализацию.

Описание конфигурации тестового стенда и режимов тестирования

Рабочая станция собрана на базе модели средней линейки WS 479 компании ARBYTE, которая позволяет как работать со сложными 3D-моделями и проектами, так и проводить инженерный анализ конструкций. Характеристики тестового стенда приведены в таблице на следующей странице (табл. 1).

Тестирование производительности вычислительной системы производилось на следующих задачах:

- ▶ Задача линейной статики (SOL 101): рассматривалось статическое нагружение картера коробки передач грузового автомобиля.
- ▶ Задачи поиска собственных значений (SOL 103):
 - модель картера коробки передач грузового автомобиля;
 - модель коленчатого вала автомобиля;
 - модель “черного” кузова легкового автомобиля.
- ▶ Задача нелинейной статики (SOL 400): имитация испытаний колеса на долговечность.

Решение задач производилось на следующих вариантах конфигурации оборудования:

- ▶ только CPU;
- ▶ CPU + 1 GPU NVIDIA Tesla C2075;
- ▶ CPU + 1 GPU NVIDIA Quadro 6000;
- ▶ CPU + 1 GPU NVIDIA Quadro 6000 + 1 GPU NVIDIA Tesla C2075;
- ▶ CPU + 2 GPU NVIDIA Tesla C2075;

Таблица 1. Характеристики тестового стенда

Модель рабочей станции	ARBYTE CADStation WS 479
CPU	Intel Core i7 3960X, 3,30 ГГц
RAM	64 Гб DDR3 1600 МГц (PC3-12800)
GPU 1	NVIDIA Quadro 6000
GPU 2	NVIDIA Tesla C2075
GPU 3	NVIDIA Tesla C2075
Твердотельный накопитель (SDD)	60 Гб
Жесткий диск (HDD)	300 Гб 10К об/мин
Операционная система	Microsoft Windows 7 Professional 64 bit, версия 6.1.7601, Service Pack 1
Программное обеспечение	MSC Nastran 2012

► CPU + 1 GPU NVIDIA Quadro 6000 + 2 GPU NVIDIA Tesla C2075.

В данных задачах оба вида графических процессоров (Quadro и Tesla) использовались как вычислители, хотя конфигурация Maximus – универсальное решение для разных типов задач.

Необходимо отметить, что при установке двух GPU на стенд, каждое устройство работает на шине PCI Express со скоростью 16x. При установке трех GPU на тестовый стенд только одно устройство может работать со скоростью 16x, а остальные два устройства работают с пониженной скоростью шин – 8x.

Тестирование показало, что если задействовать два GPU, работающих на пониженной скорости (8x), то производительность тестового стенда понижается на 5-10 % относительно производительности этого же стенда, когда GPU работают на шинах с полной пропускной способностью (16x). Конфигурации № 2 и № 3, так же как и конфигурации № 4 и № 5, дают сопоставимые результаты соответственно. Поэтому в данной статье приводятся результаты тестирования для следующих конфигураций:

1. только CPU (на графиках обозначено как "CPU");
2. CPU + 1 GPU NVIDIA Tesla C2075 ("CPU + 1 GPU");
3. CPU + 1 GPU NVIDIA Quadro 6000 + 1 GPU NVIDIA Tesla C2075 ("CPU + 2 GPU");
4. CPU + 1 GPU NVIDIA Quadro 6000 + 2 GPU NVIDIA Tesla C2075 ("CPU + 3 GPU").

Было также исследовано влияние режимов запуска решения задач в MSC Nastran на производительность. Рассмотрены следующие режимы запуска решений задач:

- без использования распараллеливания в режиме SMP (Shared Memory Parallel) – на графиках обозначено как "1 поток";
- с распараллеливанием в режиме SMP на два потока (параметр запуска parallel = 2) – обозначение "2 потока";
- с распараллеливанием в режиме SMP на четыре потока (параметр запуска parallel = 4) – обозначение "4 потока".

Оценка производительности вычислительной системы при решении задачи линейной статике (SOL 101)

В качестве задачи для тестирования была взята задача анализа напряженно-деформированного состояния картера коробки передач грузового автомобиля при воздействии статической нагрузки. Модель (рис. 1) насчитывает порядка 2,2 млн степеней свободы.

Результаты тестирования (рис. 2) показывают, что при решении задачи только на CPU использование распараллеливания на 4 потока в SMP-режиме дает до 50 % прироста производительности. Однако необходимо отметить, что в этом случае работать на компьютере (использовать другие программы) не представляется возможным из-за полной загруженности CPU.

При использовании в решении задач графических процессоров можно получить почти трехкратный прирост производительности (на конфигурации CPU + 1 GPU NVIDIA Quadro 6000 + 2 GPU NVIDIA Tesla C2075), при этом загрузка CPU будет неполной, что позволит пользователю работать с другими программными про-

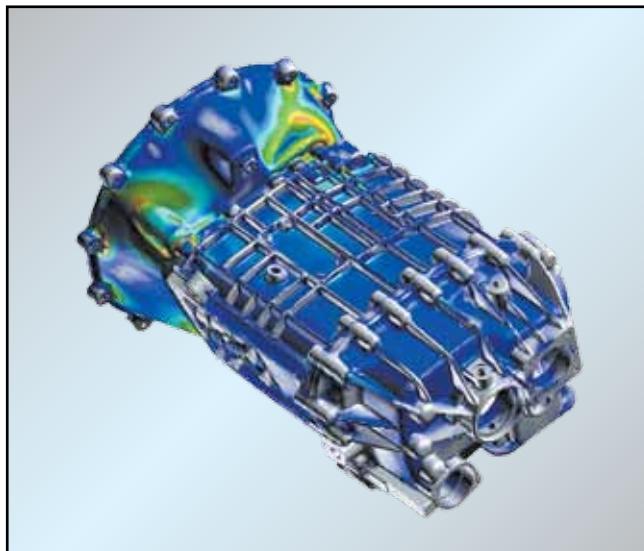


Рис. 1

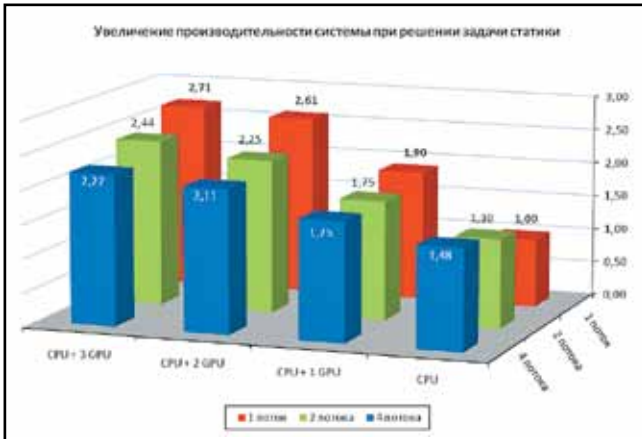


Рис. 2

дуктами – например, обрабатывать результаты решения или работать с расчетной моделью в Patran.

Использование одного GPU дало почти двухкратный прирост производительности при решении задачи статической средней размерности (2,2 млн степеней свободы).

Таким образом, если у инженера есть рабочая станция хотя бы с одним GPU, то целесообразно запускать решение задачи с использованием этого устройства, что даст возможность сократить вдвое время расчета и позволит во время проведения расчетов эффективно работать на компьютере с другими программами.

Оценка производительности вычислительной системы при решении нелинейных задач статической (SOL 400)

В качестве задачи для тестирования была рассмотрена задача имитации испытаний колеса на долговечность (рис. 3). Задача решается в статической постановке, ее размерность составляет более 785 тыс. степеней свободы. В модели имеются контакты и большие перемещения.



Рис. 3

Результаты тестирования с одним и двумя GPU показывают, что использование распараллеливания в SMP-режиме при использовании GPU не является эффективным (рис. 4). Поэтому тестирование с использованием трех графических процессоров проводилось только на CPU (без распараллеливания в SMP-режиме).



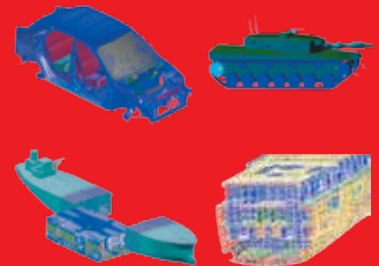
Рис. 4

В общем, характер изменения производительности вычислительной системы при решении задач нелинейной статической схож с характером изменения производительности при решении задач линейной статической: максимальное увеличение производительности (до 45 %) наблюдается при использовании трех GPU, при этом использование даже одного GPU без распараллеливания задачи дает больший прирост производительности, чем решение задачи с распараллеливанием в SMP-режиме на 4 потока.

MSC Software

MSC Software Corporation – крупнейший мировой разработчик и поставщик интегрированных систем инженерного анализа и виртуального моделирования, внедрение которых обеспечивает:

- создание изделий с заданными потребительскими качествами, безопасностью, надёжностью, экономичностью;
- сокращение стоимости и временных затрат на выполнение цикла "проектирование – доводка – запуск в производство" наукоёмких изделий различных отраслей промышленности.



MSC Software Corporation предлагает:

- Компьютерные системы MSC Nastran, Patran, Adams, Marc, MSC SimDesigner, MSC SimXpert, Dytran, Sofy, Easy5, Fatigue, Mvision и др. для комплексного виртуального моделирования, инженерного анализа и оптимизации сложных наукоёмких машиностроительных конструкций (расчёты параметров прочности, динамики, безопасности, акустических характеристик, технологичности изделия, оптимизация и др.);
- Программную систему MSC SimManager для создания интегрированной системы моделирования, анализа и оптимизации продукции, а также накопления и систематизации знаний и опыта работ в рамках предприятия;
- Широкий набор вариантов лицензирования своих программных продуктов, в том числе "жетонную" систему лицензирования MasterKey Plus, использование которой предоставляет предприятиям самого разного масштаба (крупным, средним, малым) доступ к широкому набору компьютерных систем инженерного анализа по оптимальной цене;
- Поддержку и сопровождение пользователей своих программных продуктов;
- Обучение специалистов;
- Ежегодные конференции пользователей систем MSC Software;
- Специализированные научно-технические семинары в России и за рубежом;
- Другие продукты и сервис, позволяющие предприятиям-пользователям успешно решать задачи укрепления своих рыночных позиций.

MSC Software Corporation. Московский офис.

123056, г. Москва, ул. Зоологическая, д. 26, строение 2
Тел.: (495) 363-06-83 Факс: (495) 787-76-06
www.mscsoftware.com, www.mscsoftware.ru

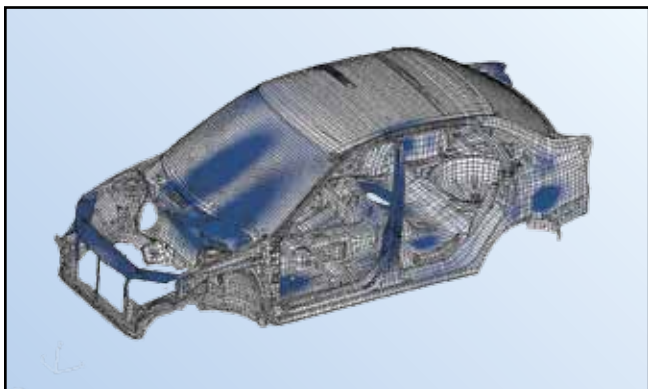


Рис. 5

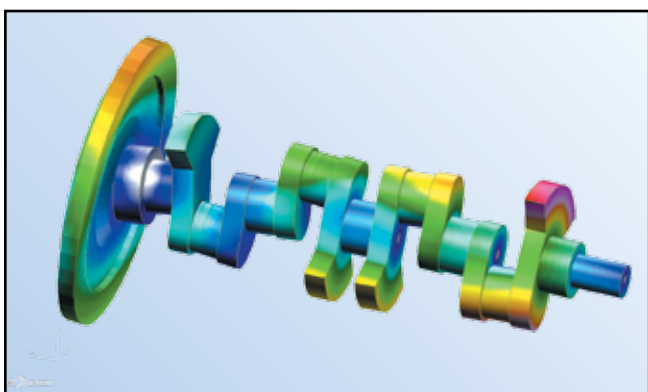


Рис. 6

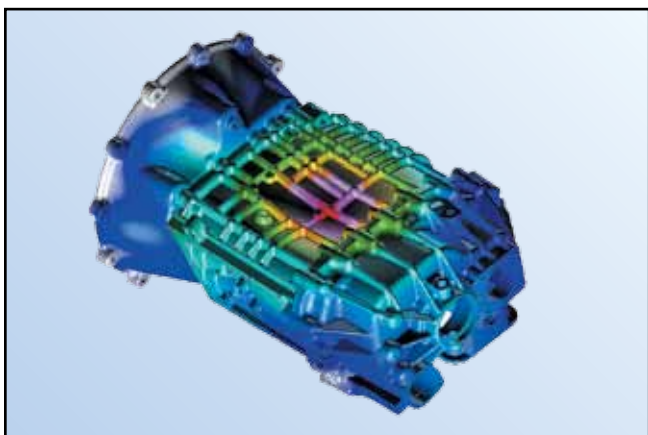


Рис. 7

Оценка производительности вычислительной системы при решении задач поиска собственных значений (SOL 103)

Оценка производительности вычислительной системы при решении задач поиска собственных значений с GPU производилось на трех задачах:

- ▶ **Задача малой размерности.** Рассмотрены собственные колебания "черного" кузова легкового автомобиля до 500 Гц. Модель насчитывает более 316 тыс. степеней свободы (рис. 5).
- ▶ **Задача средней размерности.** Рассмотрены собственные колебания коленчатого вала легкового автомобиля. Модель насчитывает более 1,5 млн степеней свободы (рис. 6).

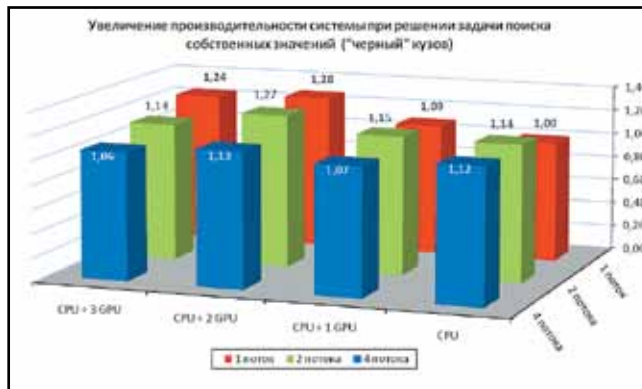


Рис. 8

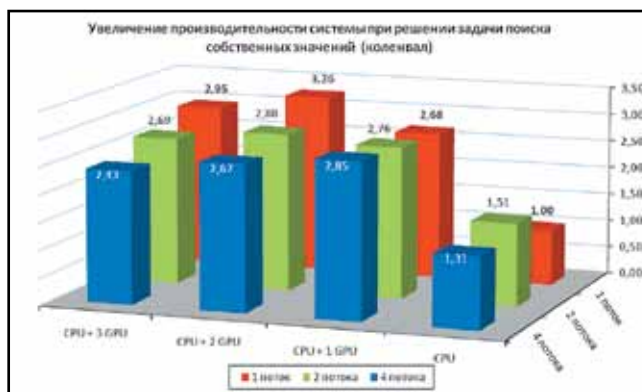


Рис. 9

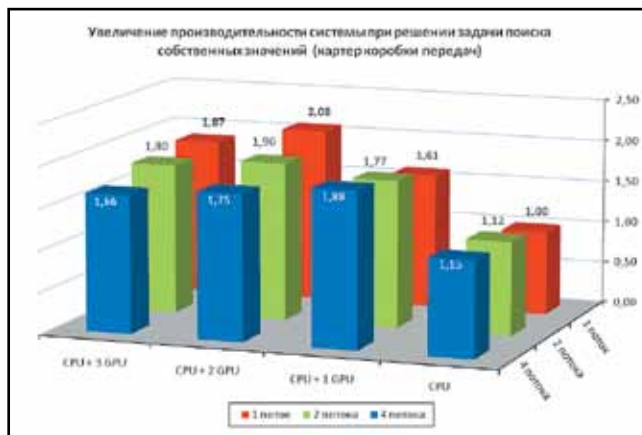


Рис. 10

▶ **Задача большой размерности.** Рассмотрены собственные колебания картера коробки передач грузового автомобиля. Модель насчитывает около 2,2 млн степеней свободы (рис. 7).

Результаты тестирования производительности показали:

Использование GPU для задач малой размерности (менее 1 млн степеней свободы) неэффективно (рис. 8). Это обусловлено тем, что суммарное время, затраченное на факторизацию матриц, а также передачу данных из основной памяти в память GPU и обратно, сопоставимо со временем факторизации матриц с использованием CPU.

Использование GPU для задач средней размерности (от 1 до 2 млн степеней свободы) очень эффективно. Наблюдается почти трехкратный прирост производительности при использовании одного GPU и более

– при использовании двух GPU (рис. 9). Некоторое падение производительности при использовании трех GPU по отношению к производительности с двумя GPU объясняется тем, что в конфигурации тестового стенда с тремя GPU два из них работали на пониженной скорости шины PCI Express (8x вместо 16x). При этом, в отличие от задач статики, количество вычислений и операций с матрицами при поиске собственных значений значительно больше.

Для решения задач большой размерности (свыше 2 млн степеней свободы) также эффективно использовать GPU (рис. 10). При распараллеливании задачи на четыре потока с использованием одного GPU можно получить прирост производительности на более чем 50 %. Оптимальным режимом использования рабочей станции будет решение задач с распараллеливанием на два потока, так как в этом случае инженер имеет возможность использовать свободные ресурсы для запуска других программ, и при этом производительность выполнения расчета повысится более чем на 50 %. При использовании двух GPU производительность системы повышается практически в два раза. При использовании трех GPU, как и в предыдущем случае, наблюдается небольшое падение производительности, обусловленное работой двух GPU на более низкой скорости шины.

Выводы

Результаты тестирования показывают, что использование графических процессоров позволяет высвободить ресурсы вычислительной системы и при этом добиться значительного повышения производительности. При решении задач малой размерности, как показывает тестирование, GPU дают небольшой прирост производительности, в то время как в случае задач средней и большой размерности даже при наличии в системе одного GPU Quadro или Tesla производительность повышается почти в 2,7 раза (рис. 9).

Эффективным с точки зрения роста производительности вычислительной системы является использование двух GPU. В такой конфигурации производительность может увеличиваться практически в 3,3 раза (рис. 9).

Таким образом, если в компьютере имеется хотя бы один профессиональный графический процессор NVIDIA, инженер может более эффективно решать инженерные задачи и при этом одновременно работать с другими программами, например обрабатывать результаты, создавать новые расчетные модели, писать отчеты и т.п.

*А. Ф. Георгиев, старший технический эксперт,
компания MSC.Software RUS,
Д. А. Якунин, руководитель направления САПР,
Группа компаний ARBYTE*



10-12 октября 2012г.

CADreview

Конференция
«CADreview VIP. Технологии САПР – 2012»
www.cadreview.ru