

Российские суперкомпьютерные инженерные технологии



6 Российские суперкомпьютерные инженерные технологии

Как "опробовать" устройство до его воплощения в "металле"? Как узнать с высокой степенью точности характеристики будущего изделия, не проводя натуральных испытаний? Как узнать, как поведет себя изделие в критической ситуации, которую опасно или просто невозможно создать в реальности? Чтобы точнее приблизить виртуальный объект к его реальному воплощению, нужны очень мощные компьютеры. Нужны суперкомпьютеры.

АВТОРЫ:

А.А. Аксенов — тех. директор «ТЕСИС», канд. физ.-мат. наук e-mail:andrey@tesis.com.ru
С. А. Харченко — нач. группы параллельных вычислений «ТЕСИС» e-mail:skh@tesis.com.ru

Практика современных инженерных расчетов далеко ушла от логарифмической линейки и арифмометра, использование которых было обязательно для инженеров недавнего прошлого. Инженер современной компании работает с электронной моделью разрабатываемого устройства, которая является частью общей модели изделия, проектируемого конструкторским бюро. Перед ним стоит сложная задача, которая должна быть выполнена в короткий срок и с минимальными материальными затратами. Как «опробовать» устройство до его воплощения в «металле»? Как узнать с высокой степенью точности характеристики будущего изделия, не проводя натуральных испытаний? Как узнать, как поведет себя изделие в критической ситуации, которую просто опасно или невозможно создать в реальности?

По сути, современный инженер работает в виртуальной реальности, о которой так давно мечтают фантасты, но его виртуальная реальность имеет вполне конкретную связь с реальностью — она превращается во вполне материальные объекты: самолеты, ракеты, автомобили, корабли, компьютеры и мобильные телефоны...

Реальный мир гораздо сложнее этого виртуального мира. Реальное изделие содержит несравненно большее количество бит информации, чем его виртуальный прототип. Достаточно посчитать количество молекул, чтобы убедиться в этом! Поэтому, чтобы точнее приблизить виртуальный объект к его реальному воплощению, нужны очень мощные компьютеры. Нужны суперкомпьютеры.

Численное моделирование — это расчет поведения реального изделия на основе моделирования поведения его виртуального собрата. Моделирование основано на численных расчетах базовых уравнений поведения материалов и движения рабочих сред. Программы численного моделирования управляют суперкомпьютером, чтобы получить в конце всего лишь несколько цифр, нужных инженеру, которые говорят о качестве функционирования изделия, и дать ему несколько качественных изображений (например, распределения давления или скорости в объеме), чтобы понять, как устройство функционирует, и придумать пути его усовершенствования.

Отечественный программный комплекс FlowVision-HPC [1, 2] позволяет инженеру рассчитывать движение рабочей среды внутри или во вне проектируемого изделия с использованием суперкомпьютеров. Применение больших вычислительных ресурсов позволяет решить такую сложную задачу, как моделирование аэродинамического взаимодействия двух гоночных машин. Эта задача была решена с помощью FlowVision-HPC на суперкомпьютере СКИФ МГУ "Чебышев" в НИВЦ МГУ. На рис. 1 приведено распределение давления на обеих машинах, что позволяет конструктору лучше понять, как будут вести себя автомобили в реальных условиях гонки, и сделать выводы относительно их конструкции или поведения пилота для обеспечения своей безопасности.

Другой нетривиальной задачей, которую просто не решить без использования су-

перкомпьютера, является расчет обтекания мяча для гольфа. Такая простая вещь, как мяч для гольфа, с аэродинамической точки зрения оказывается объектом, более сложным, чем самолет. Все дело в его форме — огромном количестве лунок на поверхности, которые позволяют превращать энергию его вращения в подъемную силу. На рис. 2 показан расчет обтекания мяча, сделанный на суперкомпьютере СКИФ МГУ “Чебышев” НИВЦ МГУ — мгновенное распределение скоростей воздуха. Этот расчет позволяет инженеру выбрать необходимую форму лунки, чтобы эта забава миллионеров дальше летела, закрученная удачным ударом.

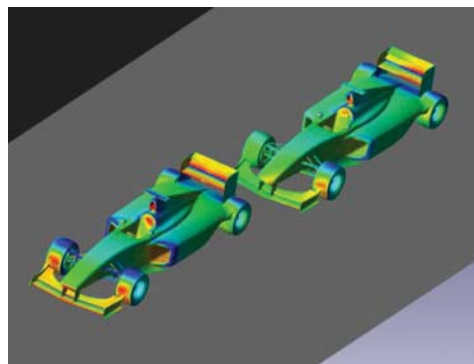


Рис. 1.
Распределение давления воздуха на гоночных автомобилях, едущих рядом

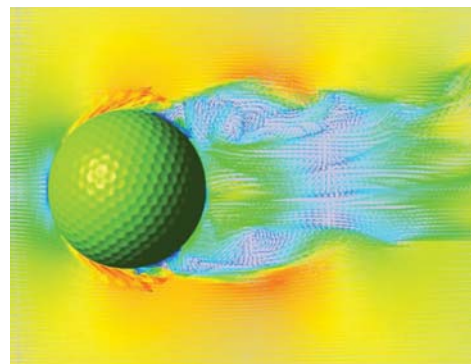


Рис. 2.
Обтекание мяча для гольфа, распределение скоростей

Гораздо более серьезные задачи численного моделирования поведения изделий встают перед авиацией и судостроением. Здесь складывается практика проектирования самолетов и судов такая, что спроектированное и созданное в металле изделие должно сразу летать и плавать практически без доработок — любые переделки слишком дороги, задержка с выходом изделия на рынок грозит огромными потерями как для изготовителя, так и для заказчика (аэрокомпания, судовладельцы), который будет эксплуатировать создаваемое изделие. Поэтому точность предсказания свойств изделия должна быть высокой. На рис. 3 показан расчет обтекания современного скоростного сухогруза в программном комплексе FlowVision-НПС. Здесь же приведено сравнение силы сопротивления судна о воду между расчетом и экспериментом. Видно, насколько точен расчет, позволяющий получить вполне реальные цифры.

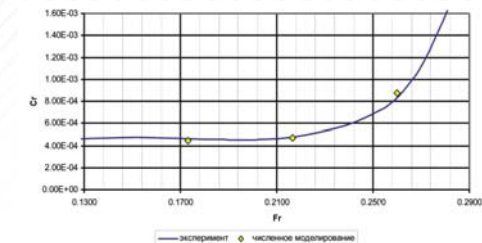
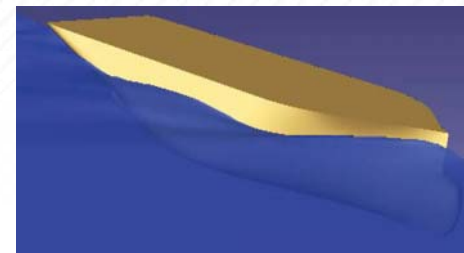


Рис. 3.
Обтекание современного сухогруза водой. Сравнение расчета силы сопротивления с экспериментом

В экстремальных ситуациях на транспорте необходимо предпринимать активные действия по спасению людей. Предварительная отработка соответствующей техники на компьютерных моделях позволяет уменьшить риск для жизни людей при проведении натурных испытаний. На рис. 4 показан расчет программным комплексом FlowVision-НПС обтекания катапультного кресла с человеком при катапультировании с самолета, движущегося на сверхзвуковой скорости.

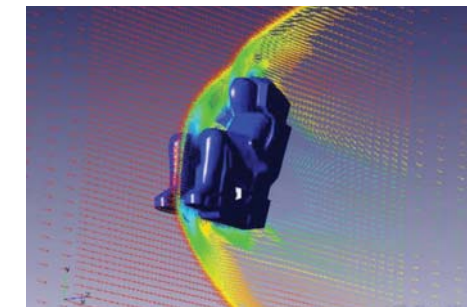
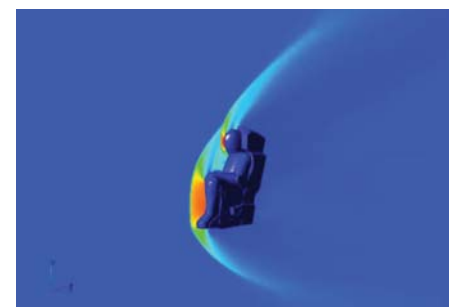


Рис. 4.
Давление (слева) и вектора скорости в среднем сечении (справа) при сверхзвуковом катапультировании

Суперкомпьютерные технологии, властвующие в «высоких» аэрокосмических технологиях, постепенно проникают в проектирование более простых объектов — от электрических двигателей, компрессоров, ветряков до суперсовременных вакуумных туалетов вагонов и самолетов. Надежность и эффективность работы подобных изделий, в том числе и в нестандартных ситуациях, моделируется на суперкомпьютере с достаточной точностью, что ускоряет работу проектировщика и позволяет создать совершенный объект. Более того, современные стандарты разработки многих промышленных изделий часто включают в себя рас-

четыре прочностных и других характеристик изделия. Все это требует использования мощных современных компьютеров. На рис. 5 показан расчет во FlowVision-HPC охлаждения электродвигателя. На рис. 6 показан расчет работы ветряка.

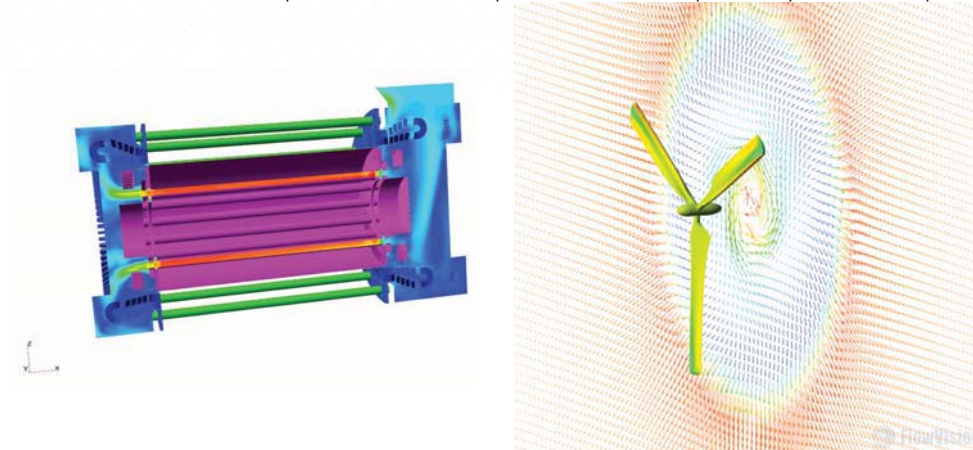


Рис. 5. Распределение скоростей в тракте охлаждающего воздуха электродвигателя

Рис. 6. Вектора скорости в плоскости за ветряком

Суперкомпьютерные технологии инженерных расчетов приходят на помощь медицине. Моделирование с помощью суперкомпьютера помогает сохранить жизнь и улучшить ее качество. Суперкомпьютеры уже используются для определения оптимального расположения хирургических инструментов при операциях глаза, для моделирования процесса дыхания, при моделировании работы искусственных органов, таких, как сердечный клапан, и т.д. На рис. 7 показан результат моделирования во FlowVision-HPC потока крови в искусственном сердечном клапане.

Человечество с незапамятных времен мечтает о космосе. Воплощение этой мечты в реальность требует создания аппаратов, способных преодолевать притяжение родной планеты и путешествовать в пространстве на огромные расстояния. Создание современных космических аппаратов требует решения трудных инженерных задач в силу экстремальности требований к конструкциям и используемым материалам при условии ограниченности материальных ресурсов. Например, при возвращении космического аппарата на Землю аппарат необходимо затормозить в атмосфере, и притом так, чтобы он в ней не сгорел. В РКК «Энергия» начато проектирование нового космического корабля, который, в отличие от «Союза», должен тормозить двигателями, а не парашютом. Моделирование обтекания нового

корабля проводится на FlowVision-HPC. На рис. 8 показано распределение давления на торцевой части спускаемого аппарата нового поколения и векторов скорости за кораблем. По результатам моделирования будет выбрана наилучшая форма нового космического корабля, количество двигателей торможения и их расположение.

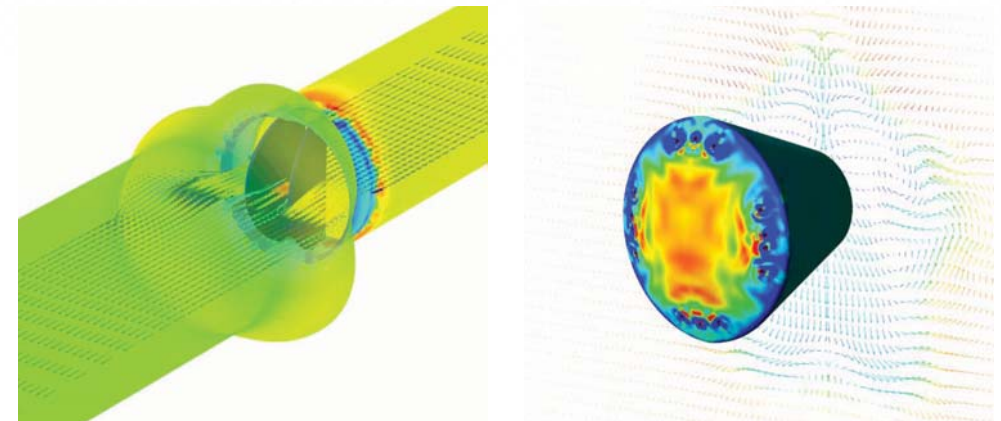


Рис. 7. Поток крови в сердечном клапане

Рис. 8. Давление на торцевой части спускаемого аппарата нового поколения (с разрешения РКК «Энергия»)

Суперкомпьютер сейчас — это мир обитания электронных моделей вполне реальных изделий, которые скоро будут летать, лечить, ездить и пахать. Суперкомпьютерные технологии позволяют приблизить виртуальный мир к его реальному прототипу, причем чем мощнее суперкомпьютер, тем быстрее и качественнее инженер создаст изделие. Тем быстрее реальный мир получит совершенный и безопасный самолет, автомобиль или корабль. Тем быстрее мы полетим к далеким планетам...

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Aksenov A., Dyadkin A., Pokhilko V.* Overcoming of Barrier between CAD and CFD by Modified Finite Volume Method. Proc. 1998 ASME Pressure Vessels and Piping Division Conference, San Diego. ASME PVP 1998. Vol 377-1.
2. *А.А.Аксенов и др.* Решение больших задач вычислительной гидродинамики на СКИФ МГУ с помощью FlowVision. Материалы Всероссийской научной конференции «Научный сервис в сети ИНТЕРНЕТ: решение больших задач», Новороссийск, 22–27 сентября 2008 г. М.: Изд-во Моск. Уни-та. 2008. С. 69-73.