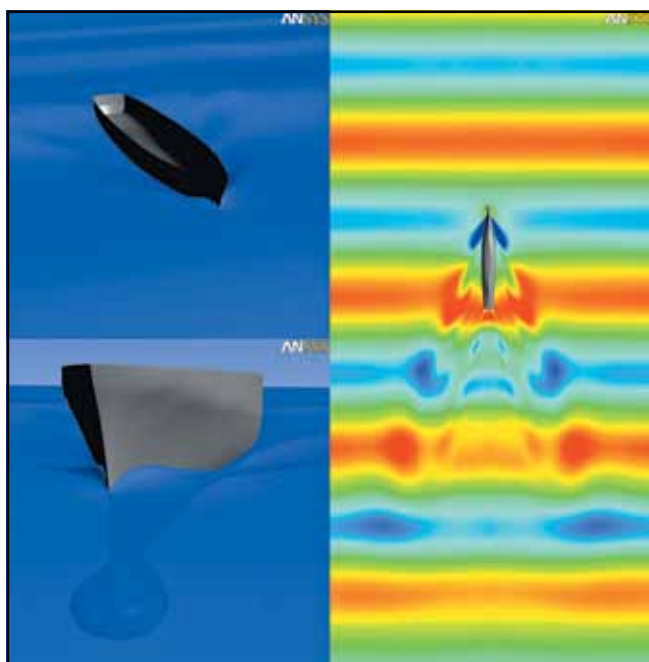


Системное моделирование – будущее инженерных расчетов в судостроении

Для создания сложных объектов морской техники и современных судов, востребованных на мировом рынке, проектные организации все большее внимание обращают на системный уровень моделирования, позволяющий создавать надежные изделия, при этом сокращая цикл разработки. Компьютерное моделирование, благодаря своей способности воспроизводить поведение сложных технических объектов в точном соответствии с их поведением в реальном мире, внесло революционные изменения в процесс проектирования и разработки. Благодаря экономии расходов на производстве дорогостоящих прототипов, ускорению вывода изделий на рынок и возможности снижения рисков за счет оценки инновационных решений в виртуальной среде компьютерное моделирование применяется сегодня ведущими мировыми судостроительными компаниями для достижения значительных конкурентных преимуществ.

С момента появления первых программных систем инженерного анализа прошло уже более 40 лет, и с тех пор ситуация в проектных организациях изменилась кардинально. Циклы разработки изделий стали значительно короче, потребители – более требовательными, конкурентная экономика усилила требования по снижению затрат, где это только возможно. В результате конструкторские проекты изделий постоянно усложняются:



Моделирование с помощью ANSYS CFX образования волн при движении эсминца

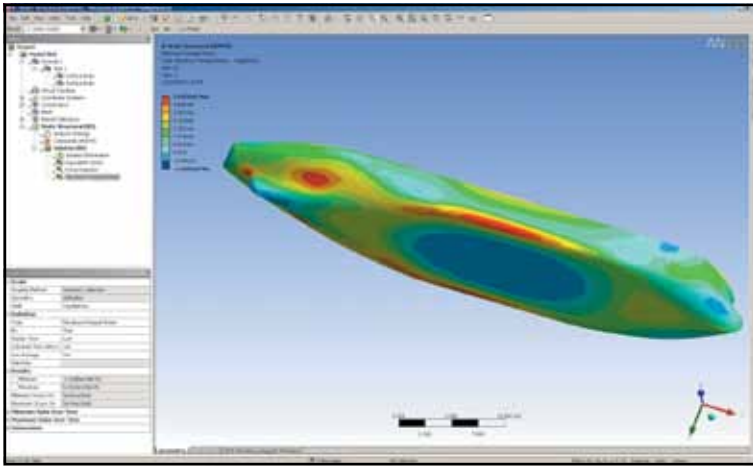
добавляются элементы, уменьшается вес, применяются новейшие композиционные материалы и производственные процессы.

Так, например, в процессе разработки судов и объектов морской техники закладываются требования адекватного отклика на любые внешние факторы и пользовательские команды. Инженерным подразделениям необходимо обеспечить не просто работоспособность отдельных компонент изделия, но и совместную работу многих взаимосвязанных подсистем и компонент в рамках единой системы. Для выполнения данной задачи инженерные подразделения предприятий судостроительной отрасли должны переходить от покомпонентного анализа к более высокому уровню проектирования, применяя многодисциплинарные расчеты, многоуровневое моделирование и технологии совместной работы над проектом. Таким образом, сегодня приходится еще более активно задействовать программные инструменты численного моделирования и инженерного анализа для работы в новых условиях.

От видения к реальности

Ведущие судостроительные компании в настоящее время формируют междисциплинарные, многофункциональные коллективы инженеров, способные справиться с растущей сложностью разрабатываемой продукции и уже на ранних стадиях проектирования прогнозировать поведение конечного изделия на системном уровне. За счет моделирования взаимодействия всех компонент и анализа отклика изделия на многочисленные внешние факторы, инженеры получают возможность оперативно проводить тонкую настройку системы в виртуальной среде задолго до этапов прототипирования и поверочных испытаний.

В течение многих лет системное моделирование рассматривалось как технология будущего, недоступная для широкого применения. Ведущий разработчик в области многодисциплинарных расчетов компания ANSYS в последнее время привнесла ряд существенных улучшений в разрабатываемые технологии, повысив уровень достоверности расчетов, скорости и масштабируемости инженерных расчетов и разработав среду совместного проектирования. Сегодня системное моделирование из технологии будущего превратилось в реальность, которую многие компании могут достичь, применяя инженерное программное обеспечение наиболее высокоэффективным способом.



Напряженное состояние корпуса судна, рассчитанное в ANSYS Mechanical на основе данных, переданных из ANSYS Fluent

Многокомпонентность = многодисциплинарность

Совмещение многих компонент в связанную систему требует нового уровня выполнения многодисциплинарных расчетов. Моделирование изделий на системном уровне требует привлечения всех видов физических дисциплин – динамики, прочности, теплопередачи, гидрогазодинамики и электромагнетизма – как для каждого компонента, так и для всей системы в целом, с учетом всего спектра ожидаемых внешних воздействий.

Так, в процессе проектирования объектов морской техники перед инженерами может стоять задача одновременного расчета по целому ряду направлений: прочности корпусов судов и морских сооружений, в том числе из композиционных материалов; внешней гидродинамики судов; электромеханики силовых и энергетических установок; систем вентиляции и кондиционирования; гребных винтов; дифракции волн среди множественных морских объектов; сил и инерционных нагрузок, действующих на корпус судна.

Зачастую поломки изделий происходят по одной из двух причин: отсутствие корректного учета реальных воздействий при проектировании либо неправильное (некорректное) поведение отдельного компонента после включения его в единую систему. Например, могут возникать неожиданные электромагнитные помехи вследствие неточного расположения антенны радара на боевом фрегате. Новейшие композитные материалы, используемые при создании корпуса судна, могут ослабить долговечность конструкции в целом. Сборка нескольких компонент судовой электроники может быть подвержена перегреву.

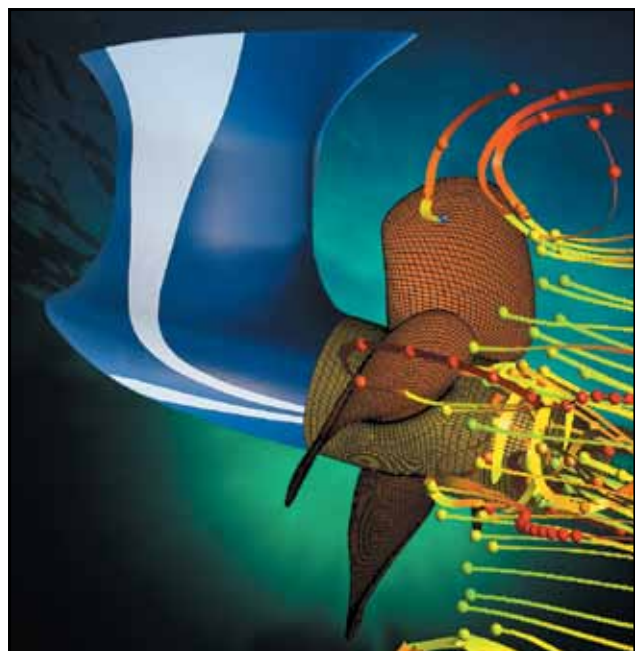
Для обеспечения функциональности как отдельных компонентов, так и всей системы в целом междисциплинарные команды инженеров должны давать оценку многочисленным физическим воздействиям и взаимодействиям, которые характеризуют поведение системы в целом. Инженерам приходится выполнять сложнейшие многодисциплинарные расчеты, а также осуществлять управление данными и процессами, чтобы получить надежные результаты в кратчайшие сроки.

Скорость и масштабируемость вычислений

Объекты морской техники, содержат в себе, как правило, существенный набор больших и малых подсистем, которые должны быть оценены в совокупности. Эта задача накладывает повышенные требования к масштабируемости программного обеспечения и требует грамотного решения, которое позволит эффективно выполнять несколько задач большой размерности одновременно. Также обычно требуется проводить итерационный анализ влияния на систему в целом различных конструкторских вариантов и внешних нагрузок. Это определяет дополнительные требования к масштабу и размерности решаемых задач.

Последние усовершенствования в технологии высокопроизводительных вычислений (high-performance computing, HPC) привели к существенному росту производительности приложений ANSYS. Распределенные решатели ANSYS демонстрируют отличное масштабирование для десятков и даже сотен вычислительных ядер при решении сложных задач механики. Существенные улучшения в масштабировании были достигнуты для прямого решателя Sparse путем применения распараллеливания к схеме переупорядочивания уравнений. Для итерационного решателя PCG масштабируемость улучшена за счет распараллеливания механизма предварительного улучшения обусловленности матрицы.

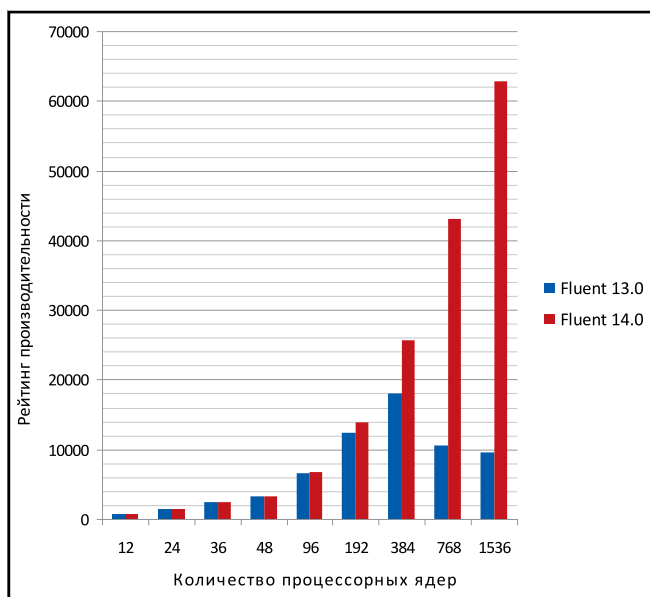
Масштабирование ANSYS в области задач для гидродинамики также дает возможность решать более сложные задачи. Улучшение масштабируемости в недавней версии ANSYS Fluent 13.0 стало возможным благодаря методике, называемой гибридным параллелизмом (hybrid parallelism). Это значительное алго-



Моделирование линий тока вблизи гребного винта

ритмическое изменение, которое позволяет прямому решателю при работе на кластере использовать общую память вычислительного узла кластера в сочетании с распределенной памятью между всеми узлами, используя программный интерфейс передачи сообщений MPI (message passing interface), в результате чего достигается большее быстродействие многоядерных систем.

Тенденция увеличения масштабируемости была сохранена и в версии ANSYS Fluent 14.0, в которой было продемонстрировано решение задачи, содержащей порядка 100 млн ячеек, с использованием около 4000 ядер. Конечно, подобное экстремальное масштабирование кода особенно существенно при решении очень сложных задач, однако оно также демонстрирует возможности расширения расчетов с распределением до 10 000 ячеек на вычислительное ядро или даже меньше. Это означает, что решение небольших задач может быть ускорено при использовании большего количества ядер, чем ранее. Помимо этого ANSYS Fluent включает в себя сетевую разметку кластера, которая необходима для высокоскоростного обмена данными и минимизации сетевого трафика. Введение сетевой разметки снижает загруженность сетей, приводя к увеличению скорости расчетов, особенно в случае медленного интерконнекта.



Улучшение масштабируемости на примере теста Sedan Benchmark (4 миллиона ячеек). Задача об обтекании автомобиля воздушным потоком эффективно решается на более чем 512 процессорных ядрах в ANSYS Fluent

Увеличение производительности было достигнуто благодаря тому, что версия 14.0 программного обеспечения совместима с новейшими компиляторами Intel и корневыми математическими библиотеками. Для расчетов в области механики это дало 40-процентное увеличение скорости работы прямого решателя Sparse. Эти обновления также означают, что ANSYS 14.0 сможет выгодно использовать новый набор микроинструкций AVX, который, как ожидается, даст 50-процентное увеличение скорости при использовании Sparse и новейших процессоров Intel и AMD.

Графические процессоры (Graphical Processor Unit, GPU) являются интересной новой технологией для HPC,

поскольку они могут дать сотни процессорных ядер, общая производительность которых намного выше той, которая реализована сейчас в многоядерных процессорах. Для разработчиков программного обеспечения использование GPU для вычислений представляет собой серьезную проблему, поскольку алгоритмы, адаптированные под традиционные процессоры, должны быть пересмотрены, чтобы эффективно использовать вычислительную мощность GPU с учетом ограничений на сравнительно небольшой объем доступной для GPU памяти. ANSYS 13.0 стал первым коммерческим кодом, который продемонстрировал применение GPU для ускорения расчетов в области механики для решателей с общей памятью. Специально для прочностных расчетов в ANSYS 14.0 появилась возможность использовать GPU для решателей с распределенной памятью, а также использовать несколько GPU, которые находятся на разных машинах в высокопроизводительном вычислительном кластере. В зависимости от нагрузки скорость быстродействия возросла в два раза при использовании одного GPU и может быть увеличена еще, если использовать несколько GPU.

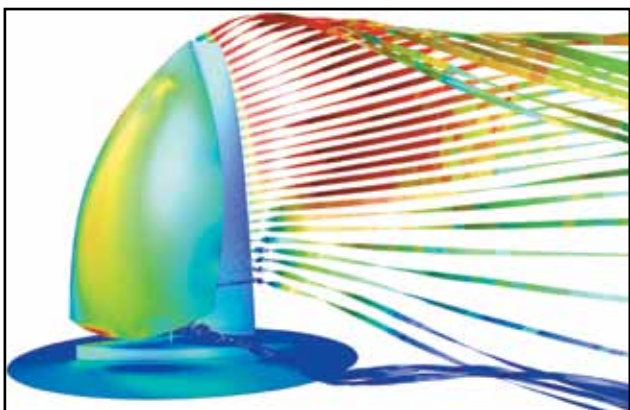
Использование HPC позволяет удовлетворить самые высокие требования к ресурсам для решения задач большой размерности наиболее эффективным образом. При разработке программного обеспечения основное внимание разработчиками компании ANSYS уделяется повышению производительности, что обеспечивает получение максимального возврата инвестиций компаний в HPC-инфраструктуру. В конечном итоге проведение моделирования на более высоком уровне точности и с учетом большего числа проектных решений позволяет получить устойчивые конкурентные преимущества: используя HPC, организации смогут выпускать новую продукцию и конструктивные решения гораздо быстрее, с меньшими финансовыми затратами и с гарантией высокого качества изделия.

Совместная работа инженеров

Даже для компаний, обладающих существенными вычислительными мощностями, системное моделирование может оказаться сложной задачей, поскольку моделирование на уровне систем требует от инженеров и организаций принципиально иного уровня профессионального мышления.

Для успешной реализации проектов узкоспециализированные инженеры-механики, гидродинамики и электроники должны выходить за рамки "своих" физических дисциплин и работать вместе как системно-ориентированная команда. Инженеры, работающие в организациях-поставщиках компонент, также должны быть активно включены в работу для интеграции всей системы. Подобная существенная смена идеологии реализации проектов может представлять сложности даже для передовых компаний, особенно в эпоху глобализации, когда инженерные подразделения и поставщики могут находиться в различных точках страны или континента.

Осуществление взаимодействия между различными дисциплинами, инженерными подразделениями и даже



Команда итальянских исследователей под руководством д-ра Ignazio Maria Viola, работавших с командой Luna Rossa Challenge – участником яхтенной регаты на кубок Америки, выполнила расчет аэродинамики яхты на сетке в 1 млрд ячеек

компаниями в цепочке жизненного цикла изделия требует применения единой среды проектирования и разработки продуктов. Работая с многофункциональной распределенной платформой ANSYS Workbench, междисциплинарные команды имеют возможность использовать тесно интегрированные программные модули и многодисциплинарные решатели для анализа как на компонентном, так и на системном уровне. На всех этапах разработки изделий инженерным подразделениям доступны такие возможности, как создание схем и шаблонов проектов, связь физических дисциплин одним движением мыши, интегрированные инструменты управления процессами и проектами и автоматическое обновление всего проекта при изменении одного параметра.

Для удовлетворения потребностей в обеспечении общего доступа к информации между отдельными инженерными группами компания ANSYS предлагает использовать инструмент ANSYS EKM (Engineering

Knowledge Manager), с помощью которого реализуется совместная работа над инженерными проектами. Сотрудники, даже находящиеся в разных точках страны и в различных часовых поясах, имеют возможность обмениваться базами данных, результатами расчетов, спецификациями и иными инженерными данными в режиме реального времени. Возможности резервного копирования данных и архивации, поиска, автоматизации процессов и разделения уровней доступа способствуют эффективной совместной работе, при этом обеспечивая безопасность данных. При работе над совместным проектом инженер-механик в одном КБ может поменять один или несколько параметров, и эти изменения мгновенно станут видимыми для инженера-гидродинамика в соседнем КБ, занимающегося вопросами турбулентности, а также для поставщика, работающего над электронными компонентами устройства. Задолго до того как производитель закажет материалы и зарезервирует производственные мощности, инженеры могут с высокой степенью уверенности прогнозировать поведение всей системы в реальных условиях.

Сейчас можно утверждать, что наблюдаемые тенденции по системному моделированию – это только предвестник еще больших изменений. Как в свое время на основе механики и электроники возникла новая дисциплина мехатроника, так же в ближайшее время должно произойти и слияние ряда информационных технологий, программного и аппаратного обеспечения и технологий моделирования и инженерного анализа. Любой продукт, любое изделие будут являться прежде всего системой. А если система не будет работать как единое целое, то вряд ли кого-то будет интересовать эффективность отдельных компонентов.

Дмитрий Михалюк, компания CADFEM CIS

Авторизованный дистрибьютор программных продуктов ANSYS в России – ЗАО «КАДФЕМ Си-Ай-Эс»



*Внедрение, обучение, техническая поддержка,
инженерный консалтинг*



Тел.: +7 (495) 644-0608, e-mail: info@cadfem-cis.ru, www.cadfem-cis.ru