

Отечественные компоненты суперкомпьютерных технологий для имитационного моделирования на супер-ЭВМ

Российский Федеральный Ядерный Центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики (ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ») является одним из российских лидеров в области разработки суперкомпьютерных технологий имитационного моделирования – ключевого компонента современной технологии разработки наукоёмких образцов продукции. Более чем 40-летний опыт применения во ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» суперкомпьютерных технологий для решения задач ядерно-оружейного комплекса в последние годы был применен для создания отечественных компонент суперкомпьютерных технологий (СКТ), ориентированных на использование в широком спектре гражданских отраслей промышленности.

При этом был реализован комплексный подход: создавался целый круг компонентов СКТ – от ключевых программно-аппаратных элементов супер-ЭВМ до отечественных пакетов программ трехмерного имитационного моделирования (рис. 1).

Технологии суперкомпьютерного моделирования в современных условиях являются безальтернативным инструментом при выработке проектных решений и создании опытных образцов для анализа номинальных и аварийных режимов функционирования высокотехнологичных изделий, оптимизации их технических характеристик, сопровождения изделий на всех этапах их жизненного цикла. Суперкомпьютерные технологии обеспечивают сокращение экспериментальной отработки, уменьшение сроков и стоимости разработки высокотех-

нологичных изделий, существенное повышение их технических и ресурсных характеристик, безопасности использования, улучшение потребительских свойств.

Развитие СКТ в большинстве экономически развитых стран мира входит в число наиболее приоритетных национальных программ, осуществляемых при мощной государственной поддержке. Такие программы нацелены как на ускоренное развитие компонент самих суперкомпьютерных технологий, так и на выход с их использованием на лидирующие позиции в высокотехнологичных отраслях и вытеснение конкурентов с мировых рынков.

В настоящее время промышленность России в целом существенно отстает от мировых лидеров в использовании технологий суперкомпьютерного имитационного моделирования, что уже в ближнесрочной перспективе может стать причиной утраты конкурентоспособности и глобального отставания отечественных предприятий, про-

изводящих высокотехнологичную продукцию, от развитых стран.

Именно этим обусловлена актуальность задачи развития и массового внедрения СКТ в российскую промышленность и оборонно-промышленный комплекс в качестве существенной и неотъемлемой составной части процесса проектирования и производства высокотехнологичных изделий.

Ключевым компонентом СКТ является прикладное программное обеспечение для имитационного моделирования, направленное на решение актуальных задач предприятий промышленности. В настоящее время на отечественном рынке доминируют зарубежные разработки в данной области, использование которых имеет существенные ограничения и может привести к серьезным последствиям для стратегической безопасности страны: экспортные запреты и ограничения, в том числе по функциональности; возможность одностороннего прекращения технической поддержки и



Рис. 1. Комплексный подход ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» в области СКТ

поставки новых версий; слабые возможности по адаптации под актуальные задачи отечественных предприятий; закрытость программных средств с возможностью наличия в них скрытых неконтролируемых возможностей (закладок); существенно высокая стоимость и др.

Для обеспечения высокого уровня имитационного моделирования на супер-ЭВМ, стабильности и предсказуемости работ по применению СКТ в ОПК и стратегических отраслях промышленности и в целях защиты национальных интересов принципиально важно развитие отечественных пакетов программ для имитационного моделирования.

Во ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» развиваются все базовые компоненты отечественных суперкомпьютерных технологий. В нем созданы пакеты программ имитационного моделирования, направленные на решение задач инженерного анализа и являющиеся стопроцентно отечественной разработкой, консолидирующей знания и опыт ведущих научных школ России:

- ▶ ЛОГОС-CFD – для моделирования процессов тепломассопереноса и аэро-, гидро-, газодинамики;
- ▶ ЛОГОС-Прочность – для моделирования процессов статической и динамической прочности;
- ▶ ДАНКО+ГЕПАРД – для моделирования прочности конструкций при статических и динамических

термосиловых нагрузках с учетом больших пластических деформаций;

- ▶ НИМФА – для моделирования задач многокомпонентной многофазной фильтрации;
- ▶ TDMCC – для моделирования нейтронно-физических процессов и др.

Уровень распараллеливания (до 100 тысяч ядер), позволяющий получать ускорение расчетов в десятки тысяч раз, и число сеточных элементов (до 1 млрд) превосходит возможности ряда соответствующих лучших мировых аналогов. В пакетах программ реализовано более 200 физико-математических моделей и методов, что позволяет по функциональному наполнению охватывать до 70 % основных классов задач промышленности, решаемых при помощи программ инженерного анализа.

Созданные пакеты программ прошли процедуру государственной регистрации в Федеральной службе по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам (ФИПС), а также сертифицированы по системе сертификации ГОСТ.

В период 2010-2013 годов совместно с рядом ключевых предприятий высокотехнологичных отраслей промышленности (атомной энергетики, авиационной, ракетно-космической и др.) проведен комплекс работ по верификации, валидации и апробации пакетов прог-

рамм. В ходе этих работ выполнено более 12000 тестовых и практических расчетов.

В настоящее время созданными пакетами программ оснащено более 200 рабочих мест на 22 предприятиях страны. Данное ПО доступно всем без ограничения российским предприятиям, включая предприятия атомной энергетики.

Преимуществами использования отечественных пакетов программ являются:

- ▶ коммерческая доступность лицензии и технической поддержки (стоимость в 2-3 раза ниже зарубежных аналогов);
- ▶ отсутствие ограничений на использование, гарантия чистоты кодов от вредоносных «закладок»;
- ▶ возможность глубокой адаптации под специфику задач и реализации специализированных физико-математических моделей;
- ▶ гарантия обеспечения технической поддержки, а также модернизации и совершенствования пакетов программ;
- ▶ доступность исходных кодов для прохождения сертификации и аттестации.

С использованием вышеуказанных отечественных пакетов программ совместно с рядом предприятий созданы пилотные версии виртуальных моделей перспективных образцов изделий авиационной, атомной энергетики, автомобилест-



Рис. 2. ПТК «Виртуальный энергоблок АЭС с ВВЭР»



Рис. 3. Ряд АПК разработки ФГУП "РФЯЦ-ВНИИЭФ", основу которых составляют КС-ЭВМ различной производительности: (а) АПК-1М (1 ТФлопс); (б) АПК-3 (3 ТФлопс); (в) АПК-5 (5 ТФлопс)

строения и ракетно-космической отрасли. Пилотные версии виртуальных моделей отработаны на конкретных образцах продукции и введены в опытную эксплуатацию на ряде ведущих предприятий (ОАО "Компания "Сухой", ФКП "НИЦ РКП", ОАО "КБХА", ФГУП "ГНПРКЦ "ЦСКБ-Прогресс", ОАО "СПБАЭП", ОАО "ОКБМ Африкантов", ОАО ОКБ "ГИДРОПРЕСС", ОАО "КАМАЗ").

В качестве примера можно привести пилотную версию программно-технического комплекса "Виртуальный энергоблок АЭС с ВВЭР" (рис. 2), предназначенного для связанной отработки основных систем энергоблока АЭС с высокоточным определением характеристик за счет использования кодов улучшенной оценки, работающих на супер-ЭВМ. Разработчиками являются ОАО "ГИ ВНИПИЭТ" (ОАО "СПБАЭП"), ФГУП "РФЯЦ-ВНИИЭФ" и ФГУП "НИТИ им. А.П. Александрова". ПТК базируется на взаимосвязанной системе отечественных программных пакетов, имеет потенциал для совершенствования функционального наполнения и расширения класса решаемых задач. Взаимодействие кодов осуществляется с помощью библиотеки математического моделирования SMM разработки ФГУП "РФЯЦ-ВНИИЭФ". Отработка созданной технологии моделирования проведена по комплексной модели на базе проектных данных ЛАЭС-2.

Во ФГУП "РФЯЦ-ВНИИЭФ" действует крупнейший в стране вы-

числительный центр (ВЦ), оснащенный рядом супер-ЭВМ собственной разработки. На основе технологии удаленных вычислений на супер-ЭВМ ВЦ проводят наукоемкие расчеты около 50 предприятий и организаций.

Специалисты ФГУП "РФЯЦ-ВНИИЭФ" спроектировали новую для России линейку супер-ЭВМ – компактных супер-ЭВМ (КС-ЭВМ), ориентированных на массовое оснащение рабочих мест в конструкторских бюро (рис. 3). По своим характеристикам КС-ЭВМ является уникальной разработкой, которая дешевле мировых аналогов. Технические характеристики КС-ЭВМ позволяют использовать их непосредственно в рабочем помещении пользователя. Для функционирования КС-ЭВМ не нужны дорогостоящие инженерные системы и специально обученный персонал. Они работают бесшумно и подключаются к обычной офисной электросети.

Организовано серийное производство КС-ЭВМ. Более 100 программно-аппаратных комплексов (АПК) на базе КС-ЭВМ, оснащенных системным программным обеспечением (в том числе разработки ФГУП "РФЯЦ-ВНИИЭФ"), поставлено на предприятия, что составляет существенную часть вычислительных ресурсов, установленных в промышленности.

Развитие и широкое внедрение отечественных СКТ в работу предприятий ОПК и гражданских отраслей – актуальная задача, без решения которой трудно обеспе-

чить конкурентоспособность высокотехнологичной продукции. Данная работа является комплексной и включает в себя:

- ▶ создание отчуждаемых от разработчика пакетов программ для имитационного моделирования, промышленных версий компьютерных моделей сложных технических систем, доведенных до уровня широкого внедрения в ОПК и промышленность;
- ▶ оснащение предприятий необходимыми вычислительными ресурсами;
- ▶ создание нормативной базы, регламентирующей применение имитационного моделирования в технологических процессах проектирования и создания изделий, систему требований к сертификации пакетов программ имитационного моделирования и др.

Отметим, что реализация поставленных задач невозможна без тесного межотраслевого взаимодействия и приоритетной финансово-организационной государственной поддержки.

**Р. М. Шагалиев, д. ф.-м. н.,
первый заместитель директора
ИТМФ ФГУП "РФЯЦ-ВНИИЭФ",
начальник математического
отделения,**

**В. Е. Костюков, д. т. н., директор
ФГУП "РФЯЦ-ВНИИЭФ",
В. П. Соловьев, д. ф.-м. н.,
первый заместитель директора
ФГУП "РФЯЦ-ВНИИЭФ",
директор ИТМФ**