

СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

А.М. Криштофик, А.И. Слущкин, С.В. Медведев

Введение

Одной из важных тенденций мирового научно-технического прогресса является применение методов компьютерного (виртуального) проектирования и моделирования с использованием средств высокопроизводительной обработки данных (суперкомпьютеров). Методы компьютерного проектирования и моделирования предоставляют широкие возможности не только для совершения научных открытий, но и, безусловно, необходимы при решении прикладных задач промышленных предприятий в таких отраслях, как машиностроение (авиастроение, судостроение), радиоэлектронная промышленность, атомная промышленность, автомобилестроение, ракетно-космическая промышленность, а также ОПК, атомная энергетика, металлургия.

1. Мировая практика внедрения суперкомпьютерных технологий в промышленности

В 2008 г. Советом по конкурентоспособности США было проведено исследование с целью определения потенциала использования методов высокопроизводительной обработки данных для обеспечения роста производительности предприятий как фактора повышения конкурентоспособности промышленности США в целом [1]. В отчете Совета за 2008 год содержатся данные по 77 компаниям из 11 различных секторов промышленности: аэрокосмической отрасли, нефтяной и газовой отрасли, химической, фармацевтической, автомобильной промышленности, сферы ИТ и электроники, телекоммуникаций и других.

Данное исследование выявило, что 97% опрошенных компаний активно используют методы виртуального проектирования и численного моделирования, считая их ключевым драйвером роста конкурентоспособности, однако ограничиваются применением персональных компьютеров. Большинство компаний (57%) заявили о наличии критических задач, которые они не могут решить без использования СК, и 55% готовы перейти к их использованию при условии преодоления системных барьеров, с которыми сталкиваются промышленные предприятия США при адаптации к возможностям СК. Как показало исследование, основными барьерами являются: отсутствие простого в использовании, экономически доступного и адекватного задачам предприятий прикладного ПО; недостаток профильной экспертизы по практическому применению технологий высокопроизводительных вычислений; высокая стоимость содержания СК; сложность обоснования инвестиций в суперкомпьютерную инфраструктуру в виду невозможности точного прогнозирования их возврата при отсутствии опыта использования.

Ключевым выводом исследования явилась необходимость посредника, обладающего суперкомпьютерными ресурсами, программными решениями и экспертизой, и способного оказать помощь предприятиям в преодолении технологических и экономических барьеров на пути использования СК.

В 2008 году Совет по конкурентоспособности США также провел исследование среди 57 компаний из ключевых отраслей промышленности США и ведущих международных компаний, уже использующих собственные высокопроизводительные ресурсы [2]. Это исследование показало, что все без исключения промышленные компании, применяющие методы компьютерного моделирования с использованием высокопроизводительных вычислительных систем, считают применение СК ключевым фактором конкурентоспособности и выживания для компании. Особенно это касается аэрокосмической, автомобильной промышленности, энергетики и оборонной промышленности, где суперкомпьютер признается в подавляющем большинстве случаев стратегическим активом и в 100% случаев - источником основных выгод компаний в области повышения конкурентоспособности, производительности и развития инноваций. В ходе исследований Совета по конкурентоспособности США среди компаний, располагающих высокопроизводительными ресурсами, в числе преимуществ использования высокопроизводительных вычислений респонденты отмечали значительное сокращение цикла разработки (более чем в 2 раза), улучшение характеристик продукта и сокращение расходов на разработку (до 40% по данным компании General Motors).

Согласно списку Top500 (500 самых мощных СК мира) в промышленности используются уже 62,6% наиболее производительных вычислительных систем. Общая пиковая производительность занятых в индустрии СК списка Top500 достигла 14,370 Петафлопс, что составляет 42,68 % от суммарной производительности всех систем этого списка. Причем количество используемых ресурсов в промышленности растет экспоненциально. При этом, на долю США приходится 64,86% от общего числа систем промышленного использования в мире, а на долю Европы - 24,92%. Индия и Китай имеют соответственно по 0,96% и 5,75%.

В мировой практике непосредственно в производстве суперкомпьютерные технологии начали

использоваться с 1998 года [3]. Для высокопроизводительных вычислений в США 2000 год стал решающим с точки зрения промышленного использования технологии суперкомпьютеров, а 2001 год — переломным, когда общее количество установленных компьютеров в промышленности превысило их количество в академических и научно-исследовательских организациях. Это наглядно демонстрирует переход технологий высокопроизводительных вычислений из чисто научных проектов непосредственно в производство. Наряду с этим прослеживается тенденция увеличения количества установленных суперЭВМ на секретных объектах и объектах производителя, что свидетельствует о стратегической важности данного направления развития информационных технологий для национальной безопасности США [4].

Наиболее мощные суперкомпьютеры обычно используются в Национальных суперкомпьютерных центрах (Китай), Национальных исследовательских лабораториях (США), Агентствах по атомной энергии, Метеоцентрах, НИИ, Университетах. Эти СК решают различные задачи. В ведущих странах мира реализуются специальные государственные программы (наиболее важные из них перечислены в Приложении №1), призванные помочь предприятиям преодолеть барьеры на пути внедрения СК и направленные на создание суперкомпьютерных центров и поддержку проектов средствами высокопроизводительных вычислений в различных областях: от фундаментальных научных задач до решения прикладных задач промышленных предприятий.

США являются ведущей мировой державой в области применения высокопроизводительных вычислений в мире. Согласно докладу Национального научно-исследовательского совета США, бурное развитие информационных технологий в США стало результатом «эффективного государственного финансирования исследований в университетах, финансирования исследований в промышленности и успешной работы компаний, принимавших на себя инновационные риски и обеспечивших перемещение специалистов между университетскими исследовательскими лабораториями и промышленными предприятиями». Этот вывод подтверждает также доклад президентского консультативного комитета США, акцентирующего внимание на «впечатляющей» эффективности федеральных инвестиций в долгосрочные исследования и развитие информационных технологий. Передовые технологии и промышленные продукты, разработанные компаниями США, благодаря государственной поддержке в области высокопроизводительных вычислений, сохраняют независимость от иностранных технологий, имеют стопроцентную отечественную принадлежность, что способствуют достижению стратегической цели государства по поддержанию лидерства промышленности и технологий США на мировом рынке.

Однако, как уже упоминалось, развитию этой отрасли уделяется большое внимание и в странах с развивающейся экономикой, в частности, в Китае и Индии. Эти страны ставят своей целью помочь предприятиям активно внедрять эти технологии в процесс разработки и производства, тем самым способствуя повышению конкурентоспособности экономики. Вниманием государства к проблемам развития суперкомпьютерной отрасли и в особенности внедрения этих технологий в экономику объясняется высокий процент оснащённости предприятий этих стран передовыми вычислительными технологиями. Новая Программа Европейского Союза в области высокопроизводительных вычислений «Партнёрство в сфере высокопроизводительных вычислений в Европе» (Программа PRACE) ориентирована на создание и тестирование неоднородных архитектур высокопроизводительных вычислительных кластерных конфигураций. В том же ряду можно рассматривать новую инициативу Управления перспективных исследовательских проектов Пентагона DARPA (США), которое выдало 4 гранта по 25 млн. долларов США четырём победителям конкурса на создание высокопроизводительных вычислительных средств с перспективными архитектурами: NVIDIA, Intel, MIT (Массачусетский Технологический Институт) и Национальной Лаборатории Sandia. В качестве технических условий выдвинуты следующие требования: одна стойка вычислительного кластера должна обеспечить пиковую производительность в 1 Петафлопс на тесте HPL (LINPACK) и не менее 50 Гигафлопс на один ватт потребляемой мощности. Сбалансированность вычислителя должна обеспечиваться вводом-выводом с флэш-памятью и/или дисковыми накопителями порядка 10 байтов на одну операцию с плавающей точкой. Присутствие в списке победителей корпорации NVIDIA позволяет прогнозировать появление неоднородных архитектур с графическими процессорами в качестве ускорителей.

Мировой опыт показывает, что в развитых странах мира совершенствование электронных компонентов осуществляется на основе научно-технических программ, инициируемых на государственном уровне. Ежегодно на выполнение перспективных программ, связанных с исследованиями в области разработки конкурентоспособных электронных компонентов развитыми странами выделяется более 30 млрд. долларов США.

Следовательно, развитие и внедрение высокопроизводительных вычислений в мире опирается на серьёзную поддержку со стороны государства в странах, заинтересованных в развитии науки и технологий, повышении конкурентоспособности предприятий промышленности. Кроме того, развитие этой области в ряде случаев (особенно для государств с развивающейся экономикой, в частности в Китае) подразумевает государственную поддержку и в области разработки собственной ЭКБ, включая микропроцессоры.

2. Состояние работ по направлению развития и использования высокопроизводительных вычислений в государствах-участниках Союзного государства

Ситуация с применением высокопроизводительных вычислений в интересах промышленности в России и Беларуси по отношению к мировой практике неудовлетворительна. По количеству систем в списке Top500 по состоянию на июнь 2010 года Россия отстает от США более, чем в 95 раз (2 системы против 191), по суммарной производительности – в 23 раза (1,09 Петафлопс против 25,9 Петафлопс). При этом ни одна из российских систем в списке Top500 в промышленности не значится. В список Top500 также не входит ни одной системы, установленной в Республике Беларусь. Согласно редакции рейтинга наиболее высокопроизводительных суперкомпьютеров СНГ Top50 от сентября 2010 г., суммарная производительность списка составляет 510 Терафлопс, что в 51 раз меньше, чем суммарная производительность американских систем. Из них, систем промышленного использования всего 6 (12% списка), и на их долю приходится чуть более 10% от общей производительности инсталляций.

При этом суммарная производительность суперкомпьютеров промышленного использования в Союзном государстве не сопоставима с соответствующими показателями США, Европы и Китая (Диаграммы 1 и 2).

Очевидное отставание Союзного государства в области внедрения суперкомпьютерных вычислений в промышленности вызвано тем, что при самостоятельном внедрении этих технологий предприятия сталкиваются с теми же системными барьерами, которые были исследованы Советом по конкурентоспособности США на примере американских компаний.

Следует отметить, что использование суперкомпьютерных ресурсов коллективного пользования на базе университетов и научных институтов не может в полном объеме удовлетворять требованиям узкоспециализированного подхода к решению прикладных коммерческих задач для промышленных предприятий.

Очевидно, что наиболее эффективным способом устранения системных барьеров с целью внедрения суперкомпьютерных технологий в промышленности является наличие инфраструктуры, способной обеспечить предприятиям доступ к специализированным суперкомпьютерным центрам, ориентированным на важнейшие вычислительные задачи ключевых отраслей промышленности и способным оказать узконаправленную экспертизу по высокопроизводительному моделированию и расчетам. При этом необходимо уделить особое внимание преодолению основного системного барьера на пути внедрения суперкомпьютерных технологий, заключающемуся в нехватке адекватного и доступного прикладного ПО, а также вопросу снижения уровня зависимости производства от западных разработок, представляющей собой угрозу экономике и безопасности в стратегических отраслях государств-участников Союзного государства.

На данный же момент в высокотехнологичных отраслях производства при решении прикладных вычислительных задач промышленные предприятия опираются на западные продукты, закупая дорогостоящее оборудование и ПО - массовые продукты производства зарубежных компаний. Подобная политика приводит к тому, что промышленные предприятия России и Беларуси по сути стимулируют развитие зарубежных ИТ-компаний, способствуя созданию новых рабочих мест, увеличению их прибыли, и, в конечном счете, поддерживая экономику иностранного государства. Между тем, на рынке Союзного государства существуют собственные конкурентоспособные решения в области разработки и производства высокопроизводительных систем, а также системного и прикладного ПО. Более того, существуют разработки в области микропроцессоров, вычислительных платформ, сетевого оборудования и других компонентов, полностью созданные специалистами стран-участниц Союзного государства. Совершенствование и использование этих разработок является необходимым условием независимости промышленности от западных информационных технологий.

При этом на сегодняшний момент стоимость существующих западных коммерческих программных продуктов не является привлекательной для промышленности и в большинстве случаев его использование в объеме, необходимом для реализации комплексных проектов, является обременительным для предприятий. Кроме того, использование существующих массовых коммерческих продуктов для решения частных практических задач предприятий в силу своей универсальности не обеспечивает в достаточной степени сходимости моделирования с экспериментом, что вынуждает предприятия разрабатывать собственное программное обеспечение и обуславливает необходимость в узкоспециализированной предметной экспертизе.

Даже на Западе использование собственных разработок в области программных кодов, как подход к решению частных задач, давно и с лучшей стороны зарекомендовал себя. Ведущие промышленные предприятия в мире используют в процессе расчетов собственные разработки. При этом в качестве основы или дополнения собственных разработок часто используется ПО с открытым кодом. Это подтверждается, в частности, исследованиями Совета по конкурентоспособности в США [2], в результате которого было выявлено, что практически во всех отраслях промышленности используется свободно распространяемое ПО и ПО с открытым кодом. В области используемого ПО в энергетической отрасли до 82% приходится на

внутренние разработки, в биомедицине - до 58%, а в автомобильной промышленности – до 37%. В аэрокосмической отрасли процент внутренних разработок ПО составляет до 50%, при этом 26,6% приходится на программные средства с открытым кодом.

Однако, российские и белорусские компании, даже при условии наличия собственных удачных разработок у каких-либо других предприятий в отрасли, не имеют возможности их использовать, поскольку имеющиеся разрозненные программные пакеты не совместимы между собой, а механизмы обмена технологиями и опытом практически отсутствуют. Предприятия не имеют возможности совершенствовать свои разработки за счет доступа к стороннему открытому ПО в силу недостаточности информации и отсутствия соответствующей предметной экспертизы.

Кроме того, разработка и отладка собственных программных средств для каждой отдельной задачи предприятия – это работа, требующая значительных временных затрат высококвалифицированных специалистов. В текущих условиях, когда рост конкурентоспособности промышленных предприятий и экономики государств-участников Союзного государства в целом зависит от вывода на рынок новой продукции в кратчайшие сроки, временные затраты на разработку и адаптацию специализированного ПО для узких задач промышленности необходимо свести к минимуму. Это обуславливает целесообразность использования как уже накопленного опыта и разработок предприятий, так и возможностей доступного прикладного ПО с открытым кодом, вобравшего в себя многолетний опыт и экспертизу мирового сообщества разработчиков.

3. Пути решения проблемы

Приведенный анализ наглядно показывает разницу в оснащенности СК мировых и российских и белорусских промышленных предприятий. Развитие отечественной суперкомпьютерной отрасли находится на начальном этапе. Использование имеющихся суперкомпьютерных ресурсов на базе университетов и научных институтов не решает проблему, так как не удовлетворяет требованиям к решению прикладных задач промышленности. Не существует и широкой практики применения высокопроизводительных расчетов для решения практических задач промышленных предприятий. Все это в целом препятствует развитию технологий, наращиванию научного и производственного потенциала, ведет к отставанию производств и снижению конкурентоспособности не только промышленных предприятий, но и экономики в целом. В то время как развитые страны оказывают промышленным предприятиям целенаправленную государственную поддержку в использовании суперкомпьютерных технологий, в России и Беларуси такого инструмента нет.

Решить данную проблему позволит создание программно-аппаратной инфраструктуры для внедрения современных методов проектирования с применением высокопроизводительных вычислений в промышленности государств-участников Союзного государства. Обозначенные задачи могут быть решены только объединением усилий научно-технического, технологического и производственных потенциалов Российской Федерации и Республики Беларусь.

Заключение

Использование программно-аппаратной инфраструктуры суперкомпьютерного сервиса и внедрение современных методов проектирования и виртуального прототипирования промышленных изделий является одним из направлений повышения конкурентоспособности промышленных предприятий. При этом должны быть подготовлены высококвалифицированные инженеры на предприятиях регионов, владеющие основами современных суперкомпьютерных технологий автоматизированного конструктивно-технологического проектирования промышленных объектов и технологических процессов. Это обеспечит повышение степени интеллектуализации труда инженеров-конструкторов и технологов, преемственность инженерных знаний различных поколений инженеров на основе применения типовых суперкомпьютерных технологий проектирования и сохранение существующих и создание новых рабочих мест в высокотехнологичном секторе экономики, снижение уровня оттока интеллектуальных ресурсов, возврат высококвалифицированных инженеров и инженеров-математиков из-за рубежа.

ЛИТЕРАТУРА:

1. http://www.compete.org/images/uploads/File/PDF%20Files/CoC_REVEAL_May19.pdf
2. [http://www.compete.org/images/uploads/File/PDF%20Files/HPC_ADVANCE_FINAL0508\(1\).pdf](http://www.compete.org/images/uploads/File/PDF%20Files/HPC_ADVANCE_FINAL0508(1).pdf)
3. <http://www.top500.org/charts/list/12/apparea>
4. А. Леваков. Суперкомпьютерные технологии и проекты в США. Часть 1. <http://orgtehnich.bl.by/articles/178851.php>