

СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫЙ ИНЖИНИРИНГ ДЛЯ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

А.И. Боровков, Ю.Я. Болдырев

Вопросы становления и развития компьютерного инжиниринга, как важнейшей области современного промышленного производства, с момента его формирования всегда были в центре внимания ученых Санкт – Петербургского государственного политехнического университета [1]. Определенный итог в его бурном развитии за последнее десятилетие подведен в работе [2]. В этой работе компьютерный инжиниринг рассматривается как некоторый тотальный инструментарий, оказывающий влияние практически на все отрасли производства. При этом в последнее десятилетие в развитии компьютерного инжиниринга, появились новые весьма важные черты, которые позволили существенно расширить и углубить области его применения во многих отраслях промышленности. Эти новые черты носят настолько важный характер, что позволяют нам говорить о становлении принципиально нового направления в фундаментальных основах инженерного знания – суперкомпьютерного инжиниринга [3,4]. Какие же наиболее важные отличительные черты суперкомпьютерного инжиниринга мы можем назвать? Безусловно, первая такая черта характеризуется очень сильно возросшими возможностями в вычислительных ресурсах, т.е. сегодня инженерное и научное сообщество получило в свои руки практически неисчерпаемые вычислительные мощности. Действительно, если в начале нынешнего века вычислительная производительность в несколько Терафлопс была рекордной, то в наши дни вычислительные системы с производительностью в несколько Петафлопс становятся нормой в передовых странах мира. Но, нам видится более важной вторая характерная черта суперкомпьютерного инжиниринга, безусловно вытекающая из роста вычислительных ресурсов, и заключающаяся в том, что он открыл возможности для решения качественно новых классов задач, - междисциплинарных (мультидисциплинарных) задач, максимально близко описывающих реальный физический мир, - в инженерном деле мир машин и систем. Такой подход базируется на фундаментальных вопросах концепции технологий математического моделирования, восходящих к работам в первую очередь отечественных ученых А.А.Самарского [5] и О.М.Белоцерковского, и получившего в последние годы наименования концепции *Simulation Based Design* (Моделирование как основа проектирования). В настоящее время это направление активно развивается ведущими мировыми компаниями производителями прикладного программного обеспечения, в первую очередь теми, которые доминируют на рынке CAE (Computed Aided Engineering) – программных систем и передовых промышленных компаний.

Нам представляется, что именно промышленные разработки, непрерывно усложняющиеся, требующие принципиально новых методов и технологий изготовления изделий, и наделяемые все более и более разнообразными функциями, становятся тем локомотивом, который все более способствует вовлечению математического моделирования в инженерную практику. Здесь, пожалуй, наиболее ярким примером служат «краш-тесты» в автомобильной промышленности. Будучи не связаны прямо с собственно проектированием автомобиля, они, тем не менее, служат для конструкторов важнейшим инструментом при проектировании машин, поскольку позволяют определить «слабые» места в конструкции с позиций безопасности и внести коррективы в конструкцию. И здесь вполне очевидно, что результативность модельных «краш-тестов» и их адекватность реальным физическим экспериментам, определяется точностью математических моделей, описывающих реальные процессы, протекающие в таких физических экспериментах. И чем «тоньше» математическая модель, т.е. чем больше процессов и их деталей она учитывает, тем ближе она к реальности. При этом легко понять, что тем сложнее математическая модель, тем больше физических процессов она описывает, т.е. модель является междисциплинарной (Multidisciplinary), а значит, как правило, описывается связанной совокупностью краевых или начально-краевых задач математической физики. Но отсюда, же следует и потребность использования больших вычислительных ресурсов для решения таких задач на компьютере, т.е. мы приходим к необходимости использования суперкомпьютеров.

Итак, на основе сказанного выше, определим суперкомпьютерный инжиниринг, как компьютерный инжиниринг, который реализуется на суперкомпьютерах.

В докладе мы пытаемся очертить все важнейшие современные направления развития суперкомпьютерного инжиниринга. Какие же это направления? В своих принципиальных чертах они изложены в работе [2] одного из авторов и отражают существо того фундаментального подхода к инженерному знанию, который характеризовал Политехнический институт (университет) с момента его основания.

Мы уже упоминали о том, что междисциплинарность стала краеугольным камнем современных подходов математического моделирования, при описании реальных процессов происходящих как в машинах и системах созданных человеком, так и природных явлений. Концептуально, технологии, учитывающие междисциплинарный подход, относят к классу задач именуемых сегодня как *MultiDisciplinary Simulation Based Design/Engineering* (Проектирование/Инжиниринг на основе междисциплинарного (мультидисциплинарного) моделирования). Характерными задачами здесь являются такие задачи, как, например, упомянутые «краш-тесты», с сильно нелинейными, быстро протекающими процессами в средах с

крайне сложной структурой в том числе и с полостями содержащими жидкости, или задачи горения, важнейшие для большинства тепловых двигателей, где газодинамика, сопровождается тепло и массообменом, физико-химической кинетикой и излучением.

На основе такого универсального подхода, на базе суперкомпьютерных технологий, сформировался ряд технологий математического моделирования, которые, вообще говоря, основываются на одной тотальной надотраслевой технологии *SuperComputer Simulation Based Design/Engineering* (Суперкомпьютерное моделирование как основа проектирования/инжиниринга). Это чрезвычайно широкое направление впитывает в себя всю массу современных высокопроизводительных вычислительных технологий (HPC – High Performance Computing), от непосредственного использования суперЭВМ в различных формах доступа, до решения задач в рамках проблемно ориентированных GRID - сред. На основе идеологии *SuperComputer Simulation Based Design/Engineering* оформилась следующая широкая гамма технологий:

1) *SuperComputer (MultiScale/MultiStage*MultiDisciplinary*MultiTechnology) Simulation Based Design/Engineering* (Суперкомпьютерное моделирование на базе Многомасштабности/Многостадийности*Междисциплинарности*Мультитехнологичности) как основа проектирования/инжиниринга), для решения самых широких классов задач промышленного производства, выполнения много модельных и много вариантных расчетов, где в рамках технологий математического моделирования в едином комплексе реализуются расчеты по проектированию самых разных узлов машин и систем на разных стадиях разработки (многомасштабность и многостадийность) на основе разных подходов и для различных технологий (мультидисциплинарность и мультитехнологичность);

2) *SuperComputer (Material Science*Mechanics) (Multi**3) Simulation Based Design/Engineering* (Суперкомпьютерное моделирование на базе одновременного использования Наук о материалах*Механики) где для проектирования широких классов изделий создаются новые материалы с элементами конструкций из них в рамках объединения наук о материалах, механики материалов и конструкций на основе суперкомпьютеров;

3) *SuperComputer (SmartMat*Mech)*(Multi**3) Simulation and Optimization Based Design/Engineering* (Суперкомпьютерное моделирование на базе разработки и применения «умных» материалов, использования разнообразных подходов к оптимизации изделий и их элементов, где оптимизация понимается в широком смысле, т.е. параметрической, по узловой и для конструкции в целом, а также многокритериальной, включая рациональную оптимизацию технологических процессов и т.д.;

4) *SuperComputer (SmartMat*Mech)*(Multi**3) Simulation and Optimization Based Product Development - Supercomputer modeling on the basis of all positions of the previous point, but with orientation on product design, engineering and optimization with expansion to the scale of the entire production process, production and transition to development of virtual production (Virtual Product Development).*

Вся эта гамма технологий в конечном итоге сегодня начинает реализовываться в виде технологий цифрового производства (*Digital Mock-Up/Digital Manufacturing* - цифровое прототипирование/цифровое производство), где создается «цифровой прототип» изделия – виртуальная, цифровая 3-D модель изделия и всех его компонентов, позволяющая исключить из процесса разработки изделия создание дорогостоящих натуральных моделей-прототипов и дающая возможность «измерять» и моделировать любые характеристики объекта в любых условиях эксплуатации, ведущее в перспективе к созданию «цифровых производств» на базе суперкомпьютерных технологий.

1. М.П. Федоров, А.И. Боровков, Ю.Я. Болдырев, В.А. Пальмов. САЕ - технологии критические технологии Российской Федерации//Труды СПбГПУ Материалы VI Всероссийской конференции по проблемам науки и высшей школы «Фундаментальные исследования в технических университетах» СПб.: СПбГПУ, 2002. С.17-24.
2. А.И. Боровков, С. Ф Бурдаков, О.И. Клявин и др. Компьютерный инжиниринг. Учебное пособие. СПб, СПбГПУ, 2011, С.93.
3. Ю.Я. Болдырев, Е. П. Петухов Е. П. Суперкомпьютерные технологии и их приложения. Учебное пособие. СПб, СПбГПУ, 2010, С.92.
4. Ю.Я. Болдырев Суперкомпьютерные технологии как современное воплощение междисциплинарного подхода в научно-образовательной деятельности. СПб. Научно-технические ведомости СПбГПУ. № 4, 2010. С. 99-106 (вып. «Информатика. Телекоммуникации. Управление»).
5. Самарский А. А., Михайлов А. П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. — 2-е изд., испр. - М.: Физматлит, 2001. — 320 с. — ISBN 5-9221-0120-X.
6. Ю.Я. Болдырев. Роль суперкомпьютерных технологий в инженерном образовании Научно-технические ведомости СПбГПУ Информатика. Телекоммуникации. Управление № 162 2012 СПб., Изд-во Политехнического ун-та, С.: 9-15. ISSN: 1994-2354