

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* - Суперкомпьютерное моделирование на базе всех позиций предыдущего пункта, но с ориентацией на проектирование, инжиниринг и оптимизацию с расширением до масштабов всего процесса производства продукции и переходом к разработке виртуальной продукции (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