

# К 75-летию НИЦ «Курчатовский институт»: суперкомпьютерные технологии для цифровой экономики и «Индустрии 4.0»

Л. Раткин, к. т. н.<sup>1</sup>

УДК 004.382.2:[338.2+658.5] | ВАК 05.13.00

Осенью 2017 года в Москве Суперкомпьютерным консорциумом университетов России при поддержке Федерального агентства научных организаций и Российского фонда фундаментальных исследований была организована и проведена международная конференция «Russian Supercomputing Days 2017». Российские академические институты и их зарубежные партнеры представили на форуме широкий спектр суперкомпьютерных технологий для цифровой экономики и «Индустрии 4.0». Одним из лидеров в сфере Digital Economy и Digital Industry является отмечающий в этом году 75-летний юбилей НИЦ «Курчатовский институт».



В начале 2018 года мировая научная общественность отмечает 115-летие с рождения двух всемирно известных ученых: основателя и первого директора Курчатовского института академика Игоря Васильевича Курчатова и второго директора этой организации – академика Анатолия Петровича Александрова. На

конференции «Russian Supercomputing Days» была представлена серия научных разработок, выполняемых НИЦ «Курчатовский институт» (**почетный президент НИЦ – академик РАН Е. П. Велихов**) в соавторстве с рядом российских и зарубежных организаций [1]. Например, в ходе суперкомпьютерного моделирования были определены значения параметров охлаждающей жидкости для снижения рабочей температуры электронных компонентов ЭВМ и суперЭВМ. Несмотря на низкую цену (порядка 15 долл./кг), по многим показателям были достигнуты предельные значения для данного вида продукта, что позиционирует его на рынке как конкурентоспособное высокотехнологичное изделие со стабильным прогнозом сбыта в течение ближайших 3–5 лет.

Также на суперкомпьютерных мощностях моделировался профиль теплообменной конструкции с варьируемой термической длиной, позволяющей минимизировать теплотери при напоре и оптимизировать эффективность теплообмена, с высокой турбулентностью течения, оптимальной теплопередачей, удобным интерфейсом управления и компактной конструкцией.

Суперкомпьютерное моделирование позволило интегрировать проект материнской платы и охлаждающую жидкость в единый вычислительный блок со встроенной системой жидкостного охлаждения. Проведенные натурные испытания подтвердили правильность расчетов: значения измеренных параметров с учетом допустимой погрешности совпали с вычисленными. Полученная материнская плата может применяться, например, в графических приложениях, используемых при съемках фильмов для формирования анимированных изображений с высокой степенью четкости.

Перспективой развития технологий вычислительных блоков с высокоэффективной системой жидкостного охлаждения является создание комплексов мощных производственно-вычислительных кластеров (ПВК), функционирующих как компоненты отраслевых автоматизированных систем управления (ОАСУ) и автоматизированных систем управления регионами (АСУР). Концепция формирования централизованной сети ОАСУ для каждой отрасли промышленности РФ и АСУР для каждого субъекта Российской Федерации с высокозащищенными каналами связи была сформирована еще в рамках программы модернизации российской промышленности в Министерстве промышленности, науки и технологий РФ (2000–2004). Итогом реализации НИОКР стала разработка ряда информационных систем (ИС), но технологический предел мощности, достигнутый в начале 2000-х годов, наряду с ограниченным финансированием гражданского сектора ОПК отложил срок завершения проектов. За этот период на базе имевшихся разработок в сфере ОАСУ и АСУР был создан ряд отраслевых ИС, в частности Единая государственная автоматизированная информационная система (ЕГАИС). Развитие суперкомпьютерной

<sup>1</sup> ООО «АРГМ», заместитель генерального директора.

индустрии в России на базе разработок высокотехнологичных НИЦ позволит сформировать сеть ОАСУ и АСУР в систему взаимоувязанных отраслевых и региональных контуров управления, взаимодействующих с различными подсистемами ЕГАИС.

В сотрудничестве с НИЦ «Курчатовский институт» проводятся разработки в отменившемся два года назад 30-летнем юбилей ФГУ «Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук» (ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН), научным руководителем которого является **академик РАН**



**В. Б. Бетелин.** В институте выполняется полный цикл фундаментальных и прикладных исследований, ориентированных на разные отрасли – нефтегазовую, энергетическую, информационно-коммуникационную, химико-материаловедческую, судостроительную и авиастроительную [2]. Например, в сотрудничестве с ведущими нефтегазовыми компаниями проведена уникальная разработка «Цифровое месторождение», позволяющая в динамике строить многомерную модель разрабатываемого месторождения, моделировать различные технологические операции, рассчитывать риски и минимизировать угрозы с учетом достижения необходимых значений параметров, например, по уровню экологичности применяемых технологий [3].

Одной из главных тем обсуждения на конференции стало применение суперкомпьютерных технологий для диджитализации экономики и промышленности России. Цифровая экономика и цифровая промышленность стали основными трендами развития отечественных финансово-экономических и научно-промышленных предприятий и организаций. О взаимодействии с ведущими академическими предприятиями и организациями России при внедрении технологий управления «Индустрией 4.0» и цифровой экономикой на примере взаимодействия с РАН и Курчатовским институтом на мероприятии рассказал **директор департамента координации программ и проектно-го управления АО «Объединенная судостроительная корпорация» (ОСК) Л. В. Кузнецов.** По мнению Леонида Викторовича, переход на следующий уровень производительности с интеграцией подсистем, использующих CALS-технологии на различных этапах жизненного цикла продукции (проектирование, планирование, опытное



и мелкосерийное производство, серийный выпуск и т. д.), сократит время создания востребованных на рынке новых высокотехнологичных изделий до 50%. Подходы систем класса PDM, развитые в PLM-системах, трансформировались в системный подход по формированию интегрированной среды разработки и производства DEM (Digital Enterprise Management). В цифровой экономике предприятия, реализующие концепцию «Индустрии 4.0», обладают бесшовной интеграцией данных, встроенными информационно-коммуникационными системами трансляции высокоплотных информационных потоков, что невозможно без промышленного внедрения суперкомпьютеров, которыми должна быть обеспечена каждая производственная и промышленная площадка.

Среди направлений работ по формированию условий для развития цифровой экономики и реализации концепции «Индустрии 4.0» следует отметить, прежде всего, отработку вопросов совершенствования системы управления полным жизненным циклом продукции соответствующих инвестиционных и инновационных проектов [4–5]. Также необходима гармонизация нормативно-правовой базы: совершенствование законодательства предполагает устранение правовых пробелов и внутренних и внешних противоречий в текстах нормативно-правовых документов (НПД), например в сфере систем управления полным жизненным циклом продукции [6]. Отсутствие ряда принципиальных положений тормозит модернизацию промышленности, техническое перевооружение производств, повышает риски для капиталовложений и, как следствие, снижает инвестиционную привлекательность реализации отраслевых инвестпроектов [7]. Целесообразно внедрение механизмов проектного управления полным жизненным циклом продукции и системно-ориентированного процессного подхода, предусматривающего внедрение лучших зарубежных практик в отечественных АСУ отраслей (например, ОАСУ) и регионов (например, АСУР) в странах – торговых партнерах России, что также предполагает гармонизацию торгового законодательства. Следует отметить возрастающую в цифровой экономике и «Индустрии 4.0» роль административно-управленческих функций в организации промышленного производства, в частности в процессе эксплуатации продукции на всех стадиях ее жизненного цикла (например, проектирования, опытного и серийного производства, модернизации и ремонта, утилизации и формирования нового общественного запроса на создание нового продукта с улучшенными потребительскими свойствами и качествами). Системно-ориентированный подход предусматривает внедрение технологий информационной поддержки на всех стадиях жизненного цикла (CALS-технологий) с формированием полномасштабного многомерного макета изделия (не 3D- или 4D-, а ND-двойника с оценкой оптимальных

значений характеристик) – так называемого электронного двойника. Рассчитываемый на промышленном суперкомпьютере электронный макет изделия фигурирует в качестве «цифрового оригинала» изделия в конструкторской и конструкторско-технологической документации на всех этапах жизненного цикла. Промышленный суперкомпьютер предприятия обеспечивает взаимодействие участников инвестиционного проекта по выпуску инновационной продукции на базе электронного макета изделия, обмениваясь данными с другими суперкомпьютерами на иных предприятиях по высокоскоростным каналам связи. Расчет на ряде суперкомпьютеров оптимальных значений финансово-экономических и промышленно-технологических характеристик разных взаимосвязанных изделий эквивалентен решению системы из сотен (а иногда и тысяч) уравнений. Например, в современном крейсере число изделий может достигать от нескольких сотен тысяч до десятков миллионов. В этом случае решение ищется многоитерационным способом последовательной свертки блоков деталей в оптимально сконфигурированные и наилучшим образом размещенные в пространстве агрегаты. Например, расчет силовой энергетической установки, проектируемой в НИЦ «Курчатовский институт» для ОСК с привлечением вычислительных ресурсов различных академических институтов, в частности ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, на обычных компьютерных мощностях оценивается в сотни миллионов часов, а на суперкомпьютерах с применением подходов цифровой экономики и «Индустрии 4.0» – в десятки тысяч часов!

Анализ ситуации, например, в современной энергетической, нефтегазовой, химической, строительной и информационно-телекоммуникационной промышленности свидетельствует, что применяемые до сих пор методы и средства проектирования и управления данными по инвестиционным и инновационным проектам ориентированы преимущественно на документы, а не на изделия. В результате «документный подход» приводит к умножению документации, росту числа локальных проблем, решаемых на месте, и не всегда тиражируемых как однотипное решение. Проектирование систем проводится без реального объемного моделирования, на схемах, что тормозит производственный процесс и в перспективе приводит к значительному снижению инвестиционной привлекательности реализуемого проекта.

Ключевой задачей для внедрения методологических подходов «Индустрии 4.0» в промышленное производство является переход с «документно-центричной» на «дата-центричную» модель, предполагающий разработку системного подхода к проектированию и суперкомпьютерному моделированию промышленных процессов с применением технологий управления проектными данными с точным описанием продукции и проекта,

что, в частности, повысит устойчивость корпоративных сетей [8–9]. Модель полного жизненного цикла проекта, продукции или технической системы предполагает интеграцию широкого спектра ИС, таких как CAD, CAM, CAE, PDM, PLM, MES, ERP, в отраслевые АСУ (ОАСУ) и региональные АСУ (АСУР), что позволяет переводить полномасштабную электронную модель из одной отрасли в другую и организовывать финансово обоснованное и экономически выгодное производство в другом регионе [9].

В качестве выводов можно отметить следующее.

Инновационное лидерство НИЦ «Курчатовский институт» является закономерным результатом непрерывного освоения передовых промышленных технологий для военного и гражданского производства в сочетании со стабильно высоким уровнем финансирования фундаментальных и прикладных научных разработок. За три четверти века существования Курчатовского института не только было создано множество новых разработок, но и были открыты принципиально новые направления научных исследований. Примером гражданского применения атомных военных разработок является создание НИЦ «Курчатовский институт» мощного арктического атомного флота, до сих пор не имеющего аналогов в мире.

Применение конвергентного подхода НИЦ «Курчатовский институт» в суперкомпьютерной сфере предполагает внедрение нового поколения информационных технологий математического моделирования промышленной продукции и разработанных на их основе технологических систем, обеспечивающих максимальное приближение к реальным натурным испытаниям, что предполагает верификацию численных методов и валидацию моделей. Электронно-цифровой макет продукции включает структуру изделия, ND-геометрию, параметры и атрибуты и является подлинником конструкторско-технологической документации для предприятий «Индустрии 4.0», а также для всех структур, связанных с финансовым обеспечением проекта в цифровой экономике.

Нормативно-правовой базе РФ для функционирования предприятий в среде «Индустрии 4.0» и цифровой экономики необходима гармонизация. Целесообразно устранение нормативных пробелов в ГОСТах, ОСТах и корпоративных стандартах и формирование единого правового поля для отраслевых стандартов (ОАСУ) и региональных стандартов (АСУР). Для устранения противоречий в текстах НПД необходимо участие специалистов технических комитетов (ТК): ТК 482 по системам управления жизненным циклом и ТК 700 по математическому моделированию и высокопроизводительным вычислениям. Регламент управления инвестпроектами предполагает учет контрольных точек, ролевое моделирование, интеграцию с операционной деятельностью и мониторинг различных этапов жизненного цикла изделий и проектов.



## ЛИТЕРАТУРА

1. **Бетелин В. Б., Велихов Е. П., Кушниренко А. Г.** Массовые суперкомпьютерные технологии – основа конкурентоспособности национальной экономики в XXI веке // Информационные технологии и вычислительные системы. 2007. № 2. С. 3–10.
2. **Бетелин В. Б.** Суперкомпьютерные технологии в России: состояние и проблемы развития // Вестник Российской академии наук. 2015. Т. 85. № 11. С. 971–975.
3. **Бетелин В. Б., Вольпин С. Г.** Отраслевой закон о промышленной политике прямого действия для нефтегазовой отрасли – необходимое условие создания отечественной технологии «Цифровое месторождение» // Нефтегазопромышленный инжиниринг. Специальный выпуск № 9: прогноз-2014. С. 16–23.
4. **Горелик А. Л., Скрипкин В. А.** Методы распознавания / 3-е изд. – М.: Высшая школа, 1989. 232 с.
5. **Бурвлёв А. И., Саламатов В. Ю.** Программное управление инвестиционным проектом // Вопросы оборонной техники. Серия 3. 2002. Вып. 4 (311).
6. **Горелик А. Л., Шабаров В. В.** Ситуационный анализ промышленных корпораций // Вопросы оборонной техники. Серия 3. 2001. Вып.1 (302). С. 3–9.
7. **Горелик А. Л., Тимушев А. Г., Шабаров В. В.** Организация внутреннего консалтинга промышленных корпораций // Тяжелое машиностроение. 2001. № 6. С. 16–20.
8. **Горелик А. Л., Раткин Л. С.** Об устойчивости корпоративных информационных сетей // Вопросы оборонной техники. Серия 3. 2003. № 2 (315). С. 43–45.
9. **Раткин Л. С.** Банк данных инвестиционных проектов предприятий оборонно-промышленного комплекса: его участие в процессе реформирования отрасли и место на рынке информационных продуктов // Вопросы оборонной техники. Серия 3. 2002. № 5 (312). С. 32–37.



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ТЕХНОСФЕРА» ПРЕДСТАВЛЯЕТ КНИГУ:



### ВНЕДРЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ИНДУСТРИИ 4.0. Основы моделирование и примеры из практики

*Под ред. Армина Рота*

Пер. с нем. под общей ред. А.В. Кострова

М.: ТЕХНОСФЕРА, 2017. – 294 с. ISBN 978-5-94836-482-7

*Издание осуществлено при финансовой поддержке ПАО «Ростелеком»*

**Цена 1090 руб.**

В книге представлены концепция, основные парадигмы развития, структура технологии Индустрии 4.0. В отличие от широко распространенного технократического прикладного метода изучения, издание позволяет выделить и целостно описать уровни стратегического, тактического и оперативного управления. Ключевым элементом при этом является процессная модель, описывающая действия на стратегическом и оперативном уровнях, а примеры практического применения Индустрии 4.0 в различных отраслях промышленности наряду с мнениями известных экспертов в области науки и производства вызовут интерес не только у новичков отрасли, но и у научных сотрудников, инженерно-технических работников и руководителей высшего и среднего звена. Благодаря обширному глоссарию издание станет ценным справочным пособием по использованию основных положений и лучших практик Индустрии 4.0.

#### КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

125319, Москва, а/я 91;

тел.: +7 495 234-0110;  
факс: +7 495 956-3346;

e-mail: [knigi@technosphere.ru](mailto:knigi@technosphere.ru);  
[sales@technosphere.ru](mailto:sales@technosphere.ru)