

## Суперкомпьютерные вычисления в контексте экономики знаний

Ю.А. Зеленков

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации

Основная черта экономики знаний – переход от массового рынка к удовлетворению индивидуальных потребностей. При этом знание становится фактором производства, причем в отличие от «классических» факторов, для которых действует закон убывания предельной производительности, производительность при увеличении использования знания возрастает. Это радикально изменяет механизмы развития и конкуренции. В новых условиях возникает ряд направлений, где невозможно обойтись без использования больших вычислительных мощностей. Это построение сетевых платформ для совместного использования активов, ускорение разработки новых продуктов, создание динамических связей в сетях облачного производства и др. В статье представлен анализ потенциальных областей применения суперкомпьютеров в новой экономике. На примере инвестиций в суперкомпьютерные вычисления при разработке новой продукции показано, что при достижении определенного уровня они обеспечивают резкий рост производительности.

### 1. Введение

На смену сложившимся в XX веке экономическим условиям (удовлетворение массового спроса за счет масштабного производства единственного продукта) приходят новые модели. Прежде всего, это ориентация на индивидуальный спрос и единичное производство продуктов, конфигурируемых в соответствии с требованиями конкретного потребителя. При этом производитель финального продукта все чаще выступает как интегратор, основная задача которого не только разработать архитектуру нового продукта, но и создать сеть партнеров, которые обладают лучшими компетенциями для производства подсистем будущего изделия. В новых экономических условиях единственным имеющим значение ресурсом будет знание – знание потребностей потребителя и знание о том, как построить эффективную партнерскую сеть, знание последних достижений науки и знания о том, как реализовать их в продуктах и технологиях. Компании, опирающиеся на традиционные факторы производства – финансовый капитал, дешевый труд и природные ресурсы, вытесняются на экономическую периферию. Поэтому корпоративные знания часто рассматривают как интеллектуальный капитал, к которому относится все, что имеет ценность для предприятия и заключено в работающих на нем людях или возникает из производственных процессов, систем или организационной культуры [1]. Главной ценностью новой экономики становятся те, кого П. Друкер назвал «работники интеллектуального труда» (knowledge workers) [2].

При определении термина «знание» обычно используется иерархия «данные – информация – знания». Данные существуют объективно, независимо от субъекта. Информация извлекается из данных и имеет более субъективный характер, ее ценность зависит от степени снижения неопределенности конкретной ситуации, в которой находится субъект. Знание – это полностью субъективные концепции, взгляды, убеждения и ноу-хау, которые позволяют трансформировать данные в информацию и принимать решения на ее основе, распознавать и идентифицировать события, анализировать ситуацию и адаптироваться к ней, планировать и контролировать действия [3]. Таким образом, знание имеет активный характер, оно всегда связано с конкретной деятельностью [4].

В управлении знаниями обычно выделяют следующие основные процессы: обнаружение, приобретение, распространение, применение и утилизация [1]. Корпоративные знания могут быть приобретены различным способом: за счет научных исследований, анализа опыта эксплуатации выпущенных продуктов, найма квалифицированного персонала, покупки патентов, оборудования и соответствующих технологий. Одним из наиболее распространенных способов

является приобретение программного обеспечения, в котором могут быть реализованы как оптимизированные бизнес-процессы (ERP, CRM и PLM системы), так и математические модели, позволяющие ускорить проектирование новых продуктов (CAD/CAM/CAE системы). Традиционно в промышленности основным приложением для суперкомпьютеров являются системы инженерного анализа (CAE), однако в новых экономических условиях появляются бизнес-задачи, которые также могут потребовать значительных вычислительных ресурсов. Цель настоящей работы – рассмотреть как традиционные, так и новые области применения суперкомпьютеров в экономике знаний.

## 2. Основные черты экономики знаний

Одной из первых работ, обсуждающих отличительные черты новой экономики стала книга [5], где была зафиксирована тенденция перехода от массового производства к удовлетворению индивидуального спроса. Основным условием, поддерживающим эту тенденцию, является тесная связь с потребителем, предоставление ему возможности найти и заказать нужный продукт или услугу, что явилось следствием развития Internet, средств поиска информации и социальных сетей. Более того, с развитием технологий появилась возможность прямого взаимодействия потребителей на основе сетевых платформ, поддерживающих различные формы коммуникаций. В качестве примера можно привести системы, обеспечивающие совместное использование различного имущества (квартир, автомобилей и т.д.) [6]. Появление такой модели использования продуктов имеет два следствия: во-первых, повышаются требования к их долговечности и надежности, поскольку интенсивность использования возрастает. Во-вторых, из отношений между потребителями исключается посредник в виде фирмы, организующей взаимное предоставление услуг. Основой бизнес-модели становится создание платформы для взаимодействия потребителей. Некоторые аспекты функционирования таких платформ, которые могут потребовать значительных вычислительных мощностей, будут рассмотрены в разделе 6.

Ориентация на индивидуальные потребности заказчика требует радикальной перестройки процессов разработки, производства и логистики. Цикл проектирования новых продуктов должен сокращаться, основным требованием становится быстрая разработка на заказ изделий с высокой степенью кастомизации полностью в цифровом виде [7]. При этом основной эффект экономии времени и сокращения затрат при проектировании дает замена физических испытаний вычислительными экспериментами на базе суперкомпьютерного инженерного анализа. Влияние суперкомпьютерных вычислений на ускорение и удешевление процесса проектирования подробнее будет рассмотрено в разделе 4.

Одновременно должна происходить демократизация средств производства. Здесь основные надежды связываются с аддитивными технологиями [8], которые позволяют изготавливать более сложные детали, что ведет к уменьшению их количества в готовом изделии и тем самым упрощению финальной сборки. Кроме того, при этом появляется возможность приблизить производство к заказчику, что сокращает логистические затраты. Информация между заказчиком, разработчиком и изготовителем при этом должна передаваться исключительно в цифровом виде. Эти идеи положены в основу концепции облачного производства [9], которая подробнее будет рассмотрена в разделе 5.

Все эти изменения опираются на знание: знание потребностей потребителя (и их создание на основе новых технологий, идей использования, придания продуктам новых смыслов [10]); знание последних достижений науки, которые можно реализовать в продукте; знание какие компетенции партнеров можно использовать; знание, как эффективно произвести и доставить продукт.

Функции знания в новой экономике рассмотрены в [11]. С одной стороны оно является непосредственным продуктом деятельности и предметом конечного потребления. С другой стороны – это производственный ресурс, используемый в процессе производства, и предмет и средство распределения. Также знание выступает как средство тезаврации (сохранения накопленных материально-финансовых ценностей), орудие или инструмент управления, средство организации общества и воспроизводства общественных ресурсов.

### 3. Знание как фактор производства

По определению, данному в [11], фактор некоторого процесса – это относительно автономный поток однородных явлений («фактов»), оказывающих влияние на результат процесса в мере интенсивности потока. Количественное изменение интенсивности потока должно, как правило, приводить к количественному изменению результата.

В микроэкономике, предметом которой является функционирование экономических агентов (производителей и потребителей), традиционно выделяются три классических фактора производства: природные ресурсы  $N$ , капитал  $K$  и труд  $L$ . Функцию  $Q = f(N, K, L)$ , связывающую объем производства фирмы  $Q$  с количеством используемых факторов называют производственной функцией. Для классических факторов производства действует закон убывающей предельной производительности [12]: когда использование какого-либо фактора увеличивается (при неизменном объеме использования всех остальных), то рано или поздно будет достигнута точка, в которой прирост производства начнет убывать (рис. 1а). Данный закон ограничивает возможность лидеров рынка оторваться от преследователей.

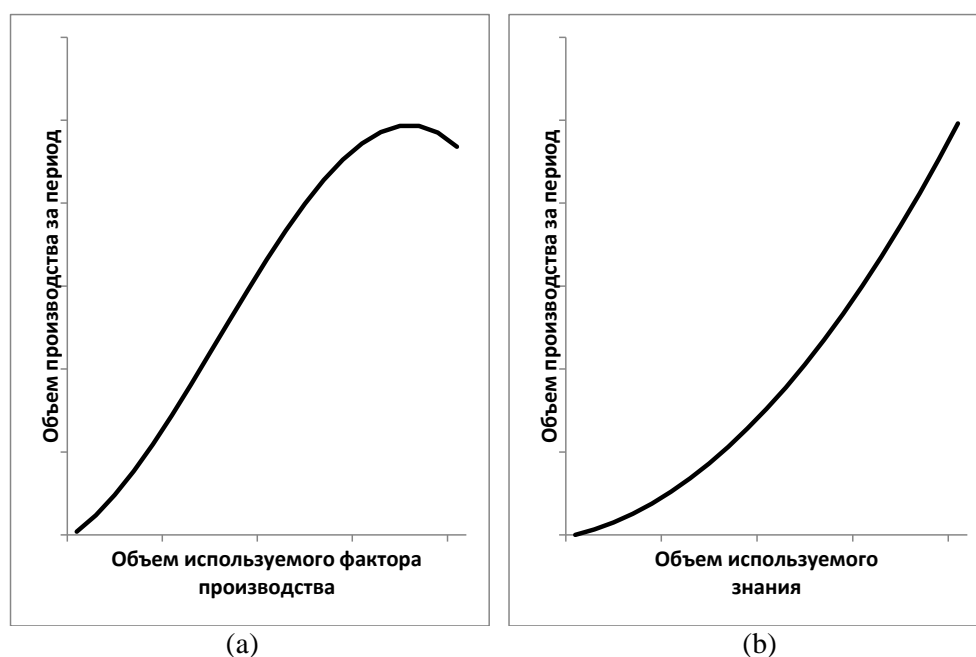


Рис. 1. Производительность различных факторов производства

Для фактора знаний вместо закона убывающей предельной производительности будет действовать закон возрастающей отдачи [11], как показано на рис 1b, преимущество, полученное за счет более раннего создания и начала эксплуатации нового знания станет постоянным и необратимым [2]. Это объясняется следующими причинами [13]:

- Поскольку происходит переход к сетевым структурам производственных цепочек, стандарты взаимодействия в такой цепочке становятся интеллектуальным активом, это формирует барьер для новых игроков на рынке. Так, например, чтобы обеспечить рыночный успех микропроцессора новой архитектуры, его производитель должен прежде всего добиться поддержки от поставщиков основных операционных систем.
- Для начального приобретения наукоемкого продукта необходимы высокие инвестиции. Для потребителя это означает трудности переключения на другого поставщика, для поставщика – возрастание конкурентной борьбы за первую продажу.
- Себестоимость создания первой копии продукта высока, себестоимость тиражирования остальных – значительно ниже и даже может стремиться к нулю.
- Накопление неявных знаний, передача которых затруднена - причина снижения издержек, вкладываемых в продукт.

Таким образом, экономика знаний будет базироваться на несовершенной конкуренции [2], единственными факторами, ограничивающими возможность отрыва рыночного лидера, будут диффузия знаний и общий научно-технический прогресс [11].

Еще одна особенность корпоративного знания заключается в том, что его носителем являются сотрудники фирмы. Поэтому знания сотрудников часто рассматривают как интеллектуальный капитал, который не принадлежит предприятию, его можно считать ресурсом, который берется в аренду на время рабочего дня, и доступ к которому может быть потерян, когда его носитель прекращает отношения с работодателем [1]. При этом часть знаний сотрудников может быть представлена в явном, формализованном виде, но большая часть существует в виде неформализованных навыков и умений, которые очень сложно передать другому человеку. В компании также существуют знания, носителем которых не является конкретный человек. Прежде всего это знания, формализованные в виде чертежей, технологических процессов, программного обеспечения, стандартов и инструкций. Но на уровне предприятия также возникают и неформализованные знания, реализуемые в виде рутин – повторяющихся шаблонов поведения, формируемых на базе предыдущего опыта. Третьим источником корпоративных знаний являются партнеры, поставщики и клиенты, которые дополняют недостающие компетенции предприятия. Таким образом, знание не является статичным объектом, оно рождается в постоянно изменяющемся процессе человеческих взаимоотношений [14]. На основании сказанного выше можно предложить следующую классификацию корпоративных знаний (рис.2).

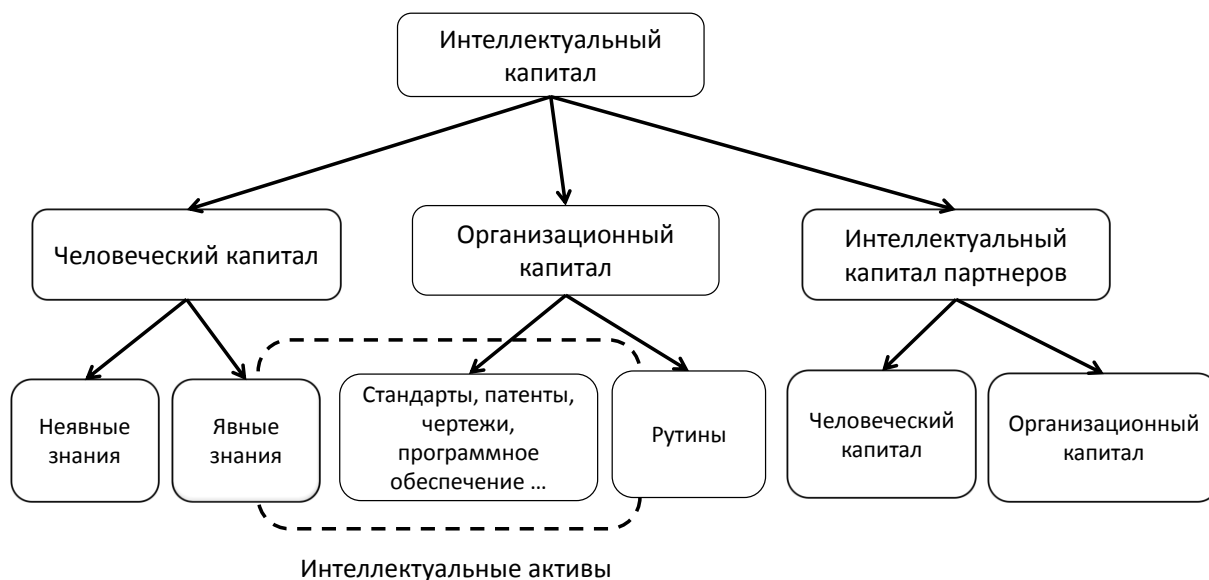


Рис. 2. Источники корпоративных знаний

Отметим, что интеллектуальные активы, т.е. те знания, которые формализованы и учтены, как принадлежащие компании (патенты, товарные знаки, другая интеллектуальная собственность), и стоимость которых отражается в ее балансе, составляют лишь малую часть всего интеллектуального капитала, используемого предприятием. Программное обеспечение безусловно является примером формализованного знания, которое почти всегда отражается в интеллектуальных активах компании в виде приобретенных лицензий и собственных разработок, поставленных на учет.

#### 4. Суперкомпьютерные вычисления при разработке новой продукции

Инженерные расчеты и моделирование при проектировании новых продуктов - наиболее очевидный и широко распространенный способ применения суперкомпьютеров в промышленности. Рассмотрим простейшую модель процесса проектирования, который выполняется в два последовательных этапа:

- 1 этап: определение параметров конструкции и разработка документации на изготовление.
- 2 этап: изготовление опытных экземпляров и последовательная доводка изделия до нужных параметров путем испытаний и инкрементальных изменений конструкции.

Из практики известно [15], что основной экономический эффект (ускорение выполнения проектных работ и уменьшение их стоимости) может быть получен за счет сокращения второго этапа. При этом уменьшается количество изготавливаемых опытных экземпляров изделия, сокращается количество экспериментов, соответствующие трудозатраты и т.д. Для этого необходимо повысить качество проектирования на первом этапе, чтобы выдать такую конструкторскую и технологическую документацию, которая обеспечивала бы изготовление изделия с нужными параметрами за минимально возможное число попыток. Использование методов инженерного анализа и многокритериальной оптимизации на базе суперкомпьютерных вычислительных мощностей позволяет приблизиться к решению этой задачи.

Каждый этап характеризуется стоимостью и временем выполнения работ, которые зависят от объема корпоративных знаний, обозначим их соответственно,  $c_i(k)$  и  $t_i(k)$  где  $i = 1, 2$  – номер этапа,  $k$  – размер инвестиций в знания. Увеличение знаний может осуществляться путем инвестирования в проведение научных исследований, приобретение пакетов прикладных программ и соответствующего вычислительного оборудования, найма высококвалифицированных специалистов и т.д. Из практического опыта, полученного при внедрении суперкомпьютерного инженерного анализа в НПО «Сатурн», известно [15,16], что при использовании суперкомпьютерных технологий в проектировании:

- Стоимость выполнения работ первого этапа увеличивается  $c_1(k) = c_1(0) + k$ ;
- Время разработки конструкции при этом практически не изменяется  $t_1(k) = t_1(0)$ ;
- Стоимость работ второго этапа сокращается, причем величину этого сокращения можно определить с помощью некоего коэффициента, который обозначим  $\omega$ :  $c_2(k) = c_2(0) - \omega k$ ;
- Время экспериментальной доводки также сокращается. Стоимость работ часто рассматривается как функция времени их выполнения, для чего вводится показатель стоимости нормочаса. Пусть  $n$  - средняя стоимость одного часа работ. Тогда  $c_i(k) = nt_i(k)$  и  $t_i(k) = \frac{1}{n} c_i(k)$ ,  $i = 1, 2$ .

Здесь  $c_i(0)$  – стоимость выполнения работ без использования суперкомпьютерных технологий. Из приведенных выражений следует ограничение на параметр  $\omega$ . Поскольку величина затрат на экспериментальную доводку конструкции  $c_2(k)$  не может быть отрицательной, то из условия  $c_2(0) - \omega k \geq 0$  следует  $\omega \leq c_2(0)/k$ . Если имеет место равенство  $\omega = c_2(0)/k$ , это означает, что инвестиции в суперкомпьютерное моделирование позволяют получить конструкцию такого качества, что в ее экспериментальной доводке нет необходимости, заданные параметры изделия получаются с первой попытки.

Экономический результат выполнения работ можно представить в виде  $E(k) = R - C(k)$ , где  $R$  – доход от выполнения работ по созданию продукта, а  $C(k)$  – затраты. Полагаем, что доход  $R$  не зависит от размера инвестиций в суперкомпьютерные технологии, поскольку его величина определяется рынком. Очевидно, что

$$C(k) = c_1(k) + c_2(k) = C_0 - k(\omega - 1)$$

где  $C_0 = c_1(0) + c_2(0)$  - затраты на создание продукта без инвестиций в знания. Из выражения для затрат следует, что инвестиции в знания имеют смысл только при  $\omega > 1$ , это условие сокращения затрат. Таким образом, значение коэффициента  $\omega$  должно находиться в интервале

$$1 < \omega \leq c_2(0)/k$$

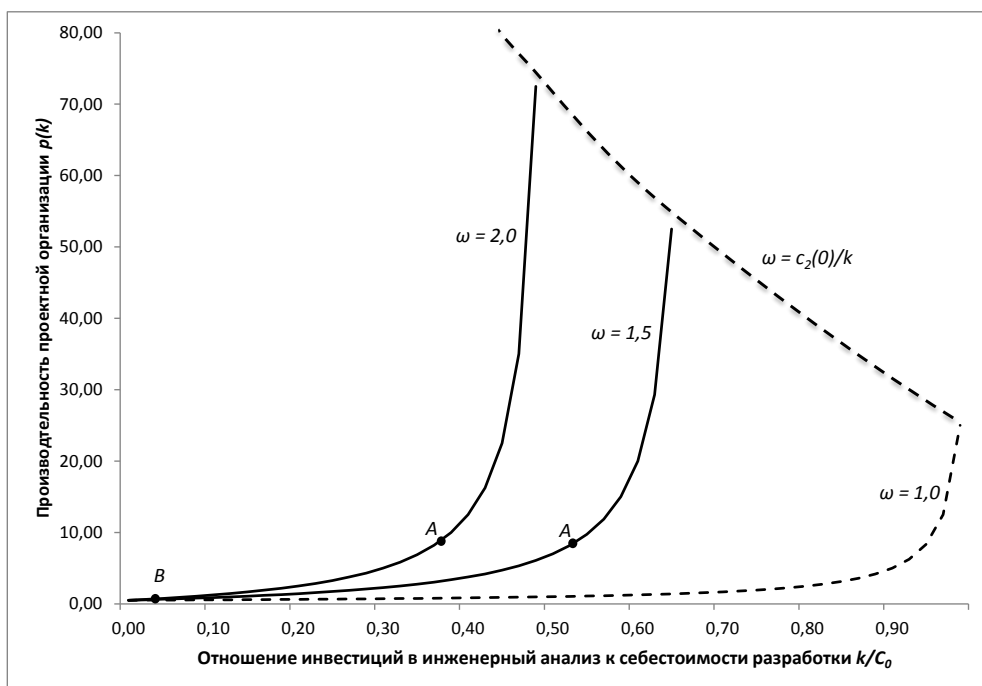
Производительность организации можно оценить как прибыль, полученную в единицу времени:

$$p(k) = \frac{R - C(k)}{t_1(k) + t_2(k)} \quad (1)$$

Пусть стандартная норма рентабельности организации  $r$ , т.е.  $[R - C_0]/C_0 = r$ , отсюда  $R = (1 + r)C_0$ . Подставляя это выражение в (1) и выражая время работ через их стоимость, получим:

$$p(k) = n \frac{r + \frac{k}{C_0}(\omega - 1)}{1 - \omega \frac{k}{C_0}} \quad (2)$$

Зависимость величины  $p(k)$  от  $k/C_0$  при  $r = 0,1$  и  $n = 5$  представлена на рис.3.



**Рис. 3.** Зависимость производительности проектной организации от инвестиций в суперкомпьютерный инженерный анализ

Отметим, что в рамках предложенной модели инвестиции в суперкомпьютерные технологии при проектировании подчиняются закону убывания предельной производительности (см. рис. 1а), рост производительности ограничен кривой  $\omega = c_2(0)/k$ . Тем не менее, когда инвестиции в суперкомпьютерные вычисления достигают некоторой доли от стоимости разработки (точки А на рис.3), наблюдается резкий рост производительности. Из выражения (2) следует, что это происходит, когда значение параметра  $\omega k/C_0$  приближается к 1, что соответствует максимальному устранению работ по экспериментальной доводке продукта.

То, что данный эффект наблюдается при проектировании отдельных деталей, экспериментально подтверждено в НПО «Сатурн» при разработке лопаток вентилятора для авиационных газотурбинных двигателей Д-30КП-3 «Бурлак» и SaM146. Для SaM146 лопатка разрабатывалась с использованием суперкомпьютерного моделирования и оптимизации, в результате количество опытных экземпляров для доводки и соответствующие затраты были снижены по сравнению с Д-30КП-3 почти в 10 раз. Следует однако отметить, что в масштабах производства законченного продукта высокотехнологичного машиностроения данный факт в России еще на практике не подтвержден, поскольку все известные инвестиции промышленных предприятий находятся в диапазоне  $k/C_0 \leq 0,03$  (точка В на рис 3).

Отметим еще раз, что обсуждаемые инвестиции подразумевают не только приобретение вычислительных платформ большой мощности, но и соответствующего программного обеспечения. Именно знание, воплощенное в таких программных продуктах, позволяет получать изделия с заданными параметрами в процессе виртуального проектирования [17].

## 5. Суперкомпьютерные вычисления в облачном производстве

Традиционные методы планирования и организации производства, такие как MRP (Material requirements Planning) [18] и его развитие S&OP (Sales and Operations Planning) [19] базируются на прогнозе выпуска, который будет весьма сложно получить в условиях ориентации на удовлетворение индивидуальных потребностей характерных для экономики знаний. Кроме того, эти методы ориентированы на оптимизацию производственных цепочек внутри одной компании или группы компаний, связанных технологически. Развитие средств коммуникации предоставило возможность выстраивать более гибкие производственные альянсы, в результате появился подход Design Anywhere, Manufacture Anywhere (DAMA) [20], который, однако, ориентирован на интеграцию распределенных ресурсов для выполнения одного производственного процесса.

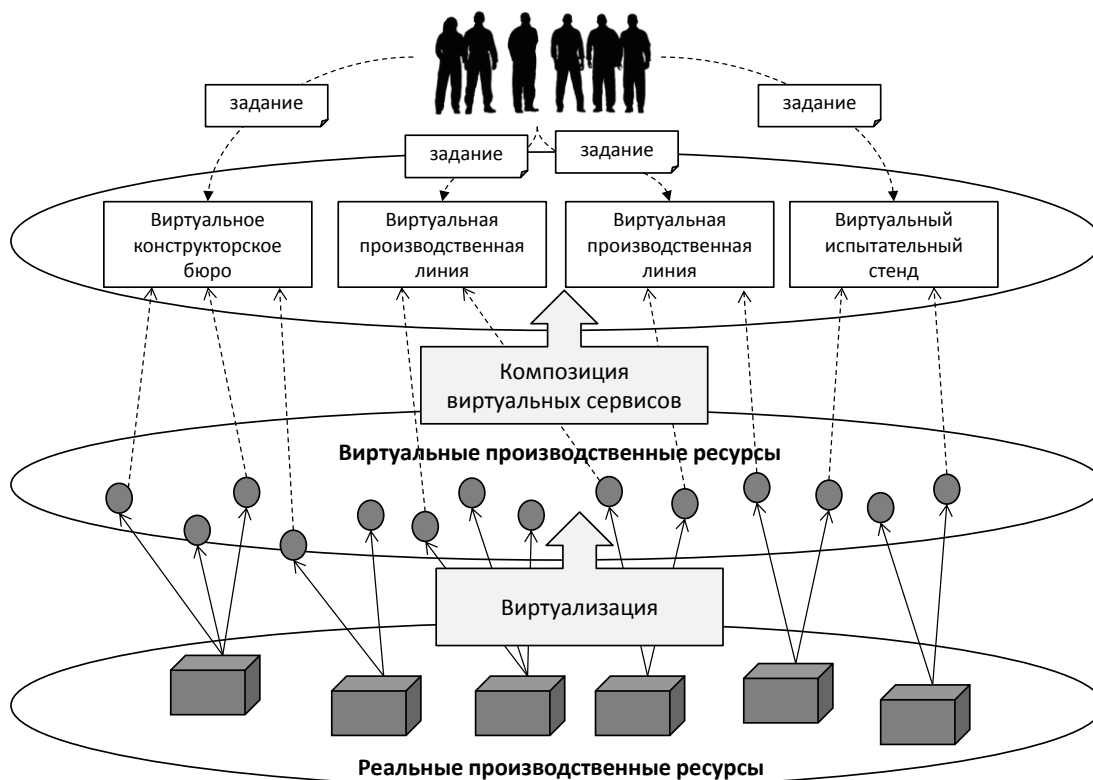


Рис. 4. Модель облачного производства

Скорее всего, в условиях высокой волатильности спроса и непрерывного изменения модельного ряда производимых продуктов наиболее адекватной организационной формой окажется облачное производство (cloud manufacturing), идея которого была предложена в 2010 г. [21] и в настоящий момент является весьма активно развивающейся областью исследований. Это модель, согласно которой потребитель получает доступ к разделяемому набору диверсифицированных распределенных ресурсов, из которых можно сформировать временную легко реконфигурируемую производственную линию для выполнения конкретного заказа [22]. Под ресурсами здесь понимаются программное обеспечение (CAD/CAM/CAE), производственное оборудование и прочие производственные возможности и компетенции. Этот подход должен обеспечить повышение эффективности, снижение затрат, оптимизацию загрузки ресурсов в условиях высокой непредсказуемости потока заказов потребителей.

Облачное производство предполагает, что взаимодействие поставщиков физических производственных ресурсов и их потребителей будет строиться на основе специальных программных платформ, обеспечивающих необходимые сервисы. Сценарий взаимодействия всех заинтересованных сторон выглядит следующим образом (рис.4). Поставщики ресурсов формируют описание предоставляемых физических ресурсов, которые в системе интегрируются в виртуальные сервисы, предназначенные для выполнения сложных производственных процессов. Потребитель задает описание своего производственного процесса, система подбирает набор подходящих виртуальных сервисов, которые затем отображаются на физические ресурсы, выбирается оптимальный план выполнения работ. Если стоимость, сроки и другие параметры удовлетворяют потребителя, план выполняется. Программная платформа должна обеспечивать передачу информации между всеми участниками взаимодействия, а также средства мониторинга и контроля выполнения планов [23].

Отметим, что в процессе выполнения задания описание процесса может изменяться, например, на первой фазе по заданной цифровой модели продукта разрабатывается технология его изготовления. Очевидно, что в этом случае сам процесс изготовления, требования к ресурсам, а также управляющие программы для оборудования с ЧПУ будут определены только после окончания разработки техпроцесса.

Из сказанного выше следуют основные актуальные направления исследований, ведущихся в области облачного производства. Это разработка онтологий и языков описания производственных ресурсов и процессов, моделей формирования цены и распределения прибыли, моделей оценки квалификации поставщиков и потребителей, методов оптимизации распределения ресурсов, механизмов мониторинга.

Модель облачного производства можно рассматривать как первый шаг к социальной производственной сети будущего [24], когда любой желающий сможет участвовать в процессах разработки, производства, сборки, испытаний, доставки, маркетинга и менеджмента, что позволит создавать с небольшими затратами продукты с высокой степенью персонализации на основе гибкого использования ресурсов. В такой среде можно выделить четыре компонента, реализующие различные варианты предоставления услуг [24]:

- Оборудование как сервис (HaaS – Hardware as a Service) – станки, установки, другое производственное оборудование, датчики, промышленные сети (интернет вещей).
- Программное обеспечение как сервис (SaaS – Software as a Service) – CAD/CAM/CAE системы и другое ПО, необходимое для организации производственного процесса.
- Инфраструктура как сервис (IaaS – Infrastructure as a Service) – вычислительные ресурсы, обеспечивающие функционирование программной платформы, выполнение сервисов, сбор и анализ данных (большие данные) и так далее.
- Платформа как сервис (PaaS – Platform as a Service) – социальная сеть для потребителей и поставщиков услуг облачного производства.

Очевидно, что инфраструктура, обеспечивающая функционирование такой облачной среды, будет весьма требовательна к производительности и надежности вычислительного оборудования. Рассмотрим подробнее одну из наиболее ресурсоемких задач - распределение производственных ресурсов. Упомянутые выше методы MRP, S&OP на основе прогноза выпуска позволяют рассчитать плановые задания для каждого рабочего центра (порядок поступления заданий и время выполнения). При этом обычно не производится никакой оптимизации загрузки оборудования, проверяется лишь достаточность ресурсов для выполнения плана. Для рассчитанного плана вводится период «заморозки», в течение которого план считается неизменным. Это связано с тем, что в достаточно большой производственной системе отклонения от плана накапливаются столь стремительно, что реакция на них обходится гораздо дороже, чем выполнение даже неактуального плана. Накопленные отклонения учитываются при расчете плана на следующий период «заморозки».

Этот алгоритм не может быть использован в модели облачного производства. Во-первых, как отмечено выше, в такой среде по определению невозможно будет получить хоть сколько достоверный прогноз выпуска. Во-вторых, в рамках традиционной производственной системы отклонения (брак, задержки и т.п.) могут быть скомпенсированы за счет увеличения партий выпускаемых изделий. В среде облачного производства каждый заказ предполагается индивидуальным, поэтому реакция на отклонение от плана должна быть мгновенной. Отсюда следует,



что в такой модели планирование каждого заказа должно производиться в момент его поступления, а в случае обнаружения отклонения – немедленное перепланирование. Кроме того, за рамками традиционных систем управления производством обычно остается планирование работ по проектированию собственно продукта и процессов его изготовления, в среде облачного производства эти активности также предоставляются как услуги, поэтому для них также необходимо выделение ресурсов.

В настоящее время уже предложено значительное число методов распределения ресурсов облачного производства, базирующихся на различных оптимизационных техниках: генетические алгоритмы, метод роя частиц, моделирование на основе агентов и т.д. Однако большая часть из них ограничена лишь последовательной оптимизацией выделения ресурсов для каждого вновь поступившего заказа отдельно, при этом имеющийся набор заказов не рассматривается и не учитываются фактическая загрузка ресурсов и ожидаемое время их освобождения. Методы, решающие задачу в более полной постановке еще не предложены.

В существующих системах производственного планирования на крупных предприятиях (несколько тысяч единиц оборудования, десятки тысяч деталей по номенклатуре, планирование по методу MRP) расчет плана занимает обычно 4-6 часов на вычислительной системе, имеющей до 20 процессорных ядер. Из обсуждения выше, следует, что в среде облачного производства время выполнения такого расчета должно соответствовать интенсивности двух потоков: скорости поступления заказов и частоте обнаружения отклонений в выполнении плана. Если интервал появления таких событий равен, например, 5 минутам, то простая линейная экстраполяция показывает, что вычислительная система для решения этой задачи должна иметь порядка 1000 процессорных ядер. Отметим, что это нижняя оценка, поскольку затраты машинного времени на решение задачи оптимизации производственных ресурсов при этом не учитываются.

В целом следует констатировать, что полноценная система облачного производства еще далека от создания, но, тем не менее, уже известно несколько практических попыток построения таких сред в рамках отдельно взятых корпораций и промышленных конгломератов [22-24].

## **6. Другие области применения высокопроизводительных вычислений**

Среди других направлений использования высокопроизводительных вычислительных систем, появление которых связано с экономикой знаний, стоит упомянуть анализ предпочтений потребителей, выделение кластеров экономических агентов с устойчивыми моделями поведения, обнаружение слабых сигналов, свидетельствующих о начале изменений в окружающей среде, поиск корреляций между различными потоками событий и т.д. Эти виды активности сводятся к поиску закономерностей в имеющихся неструктурированных наборах данных, перечисленные направления объединяются под общим термином «большие данные» [25].

Упомянутая выше самоорганизация потребителей на основе сетевых платформ ведет к снижению роли фирм как механизмов минимизации транзакционных издержек. Под транзакциями здесь понимаются атомарные операции обмена имущественными правами, знаниями и другими активами между различными экономическими агентами. В традиционной экономике фирмы обеспечивают снижение транзакционных издержек за счет формирования правил, предписывающих определенные действия в стандартных ситуациях и исключающих затраты на принятие решений. Вполне вероятно, что появление сетевых платформ, поддерживающих самоорганизацию потребителей при обмене активами, а в перспективе – социальных производственных сетей, станет не менее эффективным механизмом удешевления транзакций. Это может радикально изменить существующие формы организации экономики.

В то же время следует отметить, что в рамках таких платформ самоорганизации сейчас реализованы только механизмы установления парных связей (например, один пользователь может предоставить свою квартиру, свободную на время его отпуска, другому пользователю). В перспективе, возможно, следует ожидать появления сетей, позволяющих построить более длинные цепочки временной передачи прав на использование имущества. Например, участник такой сети, предоставляющий свою квартиру второму участнику на время поездки в отпуск, на это же время арендует автомобиль у третьего участника. Второй участник также сдает свою квартиру и приобретает какие-то дополнительные услуги у четвертого участника и т.д. Если каждый из пользователей сети будет искать и устанавливать такие связи самостоятельно, это

потребуется значительных затрат личного времени и не всегда приведет к оптимальному результату.

Особенность задач в такой постановке заключается в том, что здесь обе стороны, участвующие в обмене, имеют некие предпочтения на множестве выбора. На традиционных рынках предполагается, что предпочтения имеет только потребитель, а производителю все равно, кто приобретет его продукт или услугу. Задача выстраивания связей такого рода рассматривается в теории двусторонних рынков [26], предложенные в рамках этой теории алгоритмы и модели могут быть использованы как в социальных сетях совместного использования активов, так и в сетях облачного производства. Очевидно, что в этом случае также необходимо выполнение расчетов в соответствии с интенсивностью потока запросов.

Еще одним очевидным направлением, где понадобятся значительные вычислительные мощности, является использование криптовалют и соответствующей инфраструктуры - платежных систем, систем биржевой торговли и т.д. Отметим дополнительно, что если самоорганизация участников сетевых сообществ меняет роль фирмы, то переход к использованию криптовалют может значительно повлиять на роль государства в новой экономике, поскольку управление национальной денежной системой является сейчас именно функцией государства.

## 7. Заключение

Экономика знаний предъявляет новые требования к организации процессов взаимоотношений с потребителями, разработки продуктов и услуг, их производства и обеспечивающей логистики. Согласно сложившемуся на данный момент в научном сообществе мнению все эти виды деятельности будут основаны на сетевом взаимодействии участников процессов, причем сетевые платформы должны обеспечивать решение задач оптимизации выстраиваемых цепочек за время, близкое к реальному. Учитывая потенциальное количество пользователей таких сетей, количество связей и интенсивность транзакций между ними, можно сделать вывод, что для этого потребуются весьма значительные вычислительные мощности.

В настоящее время еще не разработаны общие модели предполагаемого взаимодействия и методы решения всех возникающих задач, но данная область исследования весьма активно развивается.

Рассмотренные здесь перспективы использования суперкомпьютерных вычислений при разработке новой продукции, ее производстве и поддержке самоорганизации потребителей позволяют сделать вывод, что создание необходимых параллельных алгоритмов и их соответствующая поддержка на уровне вычислительных мощностей способны значительно сократить издержки на создание и потребление материальных ценностей.

## Литература

1. Bukowitz W.R., Williams R.L. The Knowledge Management Fieldbook. Financial Times Prentice Hall, 1999.
2. Drucker P. Post-Capitalist Society. HarperBusiness, 1993. 232 p.
3. Becerra-Fernandez, I., Sabherwal, R. Knowledge Management : Systems and Processes. M.E. Sharpe, Inc., 2010.
4. Нонака И., Такеучи Х. Компания - создатель знания. Зарождение и развитие инноваций в японских фирмах. Олимп-Бизнес, 2011. 384 с.
5. Anderson C. The long tail: why the future of business is selling less of more. Hyperion, 2006. 238 p.
6. Гански Л. Mesh- модель: почему будущее бизнеса – в платформах совместного пользования? Альпина Паблишер, 2011. 260 с.
7. Зеленков Ю.А. Современные требования к процессу проектирования новых изделий в машиностроении и их реализация в информационных системах // Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла про-

- мышленного продукта (CAD/CAM/PDM-2012). Труды 12-й Международной конференции. Под ред. Е.И. Артамонова. ООО «Аналитик». 2012. С. 169-173.
8. Huang, S. H., Liu, P., Mokasdar, A., Hou, L. Additive manufacturing and its societal impact: a literature review // *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2013. Vol. 67, No. 5-8. P. 1191-1203.
  9. Xu, X. From cloud computing to cloud manufacturing // *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. 2012. Vol. 28, No. 1. P. 75-86.
  10. Verganti, R. *Design-Driven Innovation: Changing the Rules of Competition by Radical Innovating What Things Mean*. Harvard Business Press, 2009. 356 p.
  11. Макаров В.Л., Клейнер Г.Б. Микроэкономика знаний. Экономика, 2007. 204 с.
  12. Пиндайк Р., Рабинфельд Д. Микроэкономика. Питер, 2011. 608 с.
  13. Teece D. J. Capturing value from knowledge assets: The new economy, markets for know-how and intangible assets // *California Management Review*. 1998. Vol. 40, No. 3. P. 55–78.
  14. Nonaka I., Toyama R., Hirata T. *Managing Flow: A Process Theory of the Knowledge-Based Firm*. Palgrave Macmillan, 2008. 252 p.
  15. Зеленков Ю.А. О стратегическом планировании развития информационных технологий в корпорации // *Вестник Южно-Уральского Государственного Университета. Серия: Вычислительная математика и информатика*. 2012. № 46(305). С.73-87.
  16. Зеленков Ю.А. Многопользовательская среда инженерных расчетов // *Вестник РГАТА имени П.А. Соловьева*. 2011. № 1(19). С.123-129.
  17. Зеленков Ю.А., Шмотин Ю.Н., Чупин П.В. Текущее состояние и перспективы суперкомпьютерных вычислений при проектировании газотурбинных двигателей // *Вестник УГАТУ*. 2012. Т.16, № 3 (48). С.91-98.
  18. Pinedo, M.L. *Planning and Scheduling in Manufacturing and Services*. Springer, 2009, 532 p.
  19. Уоллас Т., Сталь Р. *Планирование продаж и операций. Практическое руководство*. Питер, 2010. 272 с.
  20. Heinrichs, W. Do it anywhere // *IEE Electronics Systems and Software*. 2005. Vol. 3, No. 4. P. 30–33.
  21. Li, B. H. et al. Cloud manufacturing: a new service-oriented networked manufacturing model // *Computer Integrated Manufacturing Systems*. 2010. Vol.16, No. 1. P. 1-7
  22. Wu, D., Greer, M.J., Rosen, D.W., Schaefer, D. Cloud manufacturing: Strategic vision and state-of-the-art // *Journal of Manufacturing Systems*. 2013. Vol. 32, No. 4. P. 564-579
  23. Jiang, P.Y., Cao, W., Zhang, F.Q., Fu, Y.B., Luo, L. Cloud Machining Community: A Method to Use Socialized Production Resources for Outsourcing Machining Processes and Parts. In: W. Li, J. Mehnen (eds.). *Cloud Manufacturing. Distributed Computing Technologies for Global and Sustainable Manufacturing*. Springer, 2013. P.49-76.
  24. Wu, D., D. Schaefer, and D. W. Rosen. Cloud-Based Design and Manufacturing Systems: A Social Network Analysis // *International Conference on Engineering Design (ICED13)*, Seoul, 2013. P. 19–22.
  25. Майер-Шенбергер В., Кукьер К. Большие данные. Революция, которая изменит то, как мы живем, работаем и мыслим. Манн, Иванов и Фербер, 2013. 240 с.
  26. Roth, A.E., Oliveira Sotomayor, M.A. Two-sided matching. A Study in game-theoretic modeling and analysis. Cambridge University Press, 1990. 281 p.