

Системы высокопроизводительных вычислений в 2010–2011 годах: обзор достижений и анализ рынка

Часть I

Сергей Павлов, Dr. Phys.

Наш двухчастный обзор систем высокопроизводительных вычислений (ВПВ) или *High-Performance Computing (HPC)* традиционно опирается на мировой рейтинг суперкомпьютеров *Top500*. В первой части мы рассмотрим недавно опубликованный июньский список №37, а во второй части наше внимание будет сосредоточено на грядущих достижениях “супервычислительных”, которые будут зафиксированы только в ноябре 2011 года в 38-м списке. Кроме рекордных показателей быстродействия суперкомпьютеров и “процессорного среза” рейтингов *Top500*, будут представлены финансовые характеристики рынка *HPC*, а также доходы “королей” – производителей серверов и процессоров для ВПВ.

Учитывая быстрое развитие рынка ВПВ в России и реальные шаги, предпринятые ведущими российскими производителями суперкомпьютеров с целью вхождения в мировой рынок *HPC*, мы посчитали целесообразным оценивать эти достижения по-взрослому – через призму *Top500* в контексте прогресса отрасли в мировом масштабе. Таким образом, в отличие от предыдущих обзоров, мы не будем концентрироваться на автономном анализе российского рейтинга *Top50*.

Прошло уже три года с момента, когда в июне 2008 года впервые был преодолен *петафлопсовый рубеж*. По всей видимости, в ноябре 2011 года рекорд суперкомпьютерного быстродействия увеличится до 10 *PFLOPS*. Таким образом, для достижения следующего знакового рубежа – *эксафлопсового* (это событие ожидается в 2019 году) потребуется поднять быстродействие еще на два порядка. Для этого необходимы *прорывные технологии (breakthrough technology)*. В начале обзора мы кратко остановимся на некоторых из них.

Прорывные технологии для достижения эксафлопсового рубежа

Ведущие компании, работающие в сфере электроники и информационных технологий, ежегодно тратят миллиарды долларов на исследования и разработки. Приоритет полученных результатов закрепляется в виде патентов. Рекордсменом по числу полученных патентов уже в течение 18-ти лет подряд является компания *IBM*, которая в этом году отмечает свое 100-летие. По данным американской патентной службы *IFI CLAIMS Patent Services*, в 2010 году изобретатели *IBM* получили 5896 патентов. В первую десятку входят также компании *Samsung* (4551 патентов), *Microsoft* (3094), *Canon* (2552), *Panasonic* (2482), *Toshiba* (2246), *Sony* (2150), *Intel* (1653), *LG Electronics* (1490) и *Hewlett-Packard* (1480).



Источник: IBM

Рис. 1. Микросхема, выполненная по технологии CMOS Integrated Silicon Nanophotonics (горизонтальный размер микросхемы составляет примерно 5 мм)
Chip based on CMOS Integrated Silicon Nanophotonics technology (chip horizontal size is approximately 5 mm)

Из появившихся в 2010–2011 гг. технологий, которые могут сыграть определяющую роль в развитии эксафлопсовых вычислений (*exascale computing*), отметим следующие:

✓ В начале декабря 2010 года компания *IBM* представила технологию создания чипов (рис. 1), позволяющую объединять на одной подложке электронные и оптические компоненты в рамках единого производственного процесса типа КМОП. Таким образом, кардинально, на три порядка, увеличится скорость обмена данными между традиционными *CMOS*-чипами, которые смогут взаимодействовать с помощью световых импульсов вместо электрических.

✓ В середине июня 2011 года компания *Intel* представила архитектуру *Intel MIC (Many Integrated Core)*, позволяющую интегрировать в единую вычислительную систему процессоры различных типов, а также оптимизировать разработку приложений в привычной среде программирования с системой команд *x86*. Предложенная *Intel* архитектура позволит конкурировать с суперкомпьютерами, использующими для вычислений графические процессоры общего назначения (*GPGPU – General-Purpose GPU*).

✓ В начале мая 2011 года компания *Intel* объявила о создании технологии *Tri-Gate*, отличающейся от традиционной планарной технологии. Это позволило компании изготовить **первые в мире трехмерные транзисторы**. Объемное расположение (рис. 2а) истока (*source*), стока (*drain*) и затвора (*gate*) обеспечивает работу транзистора на более низком напряжении

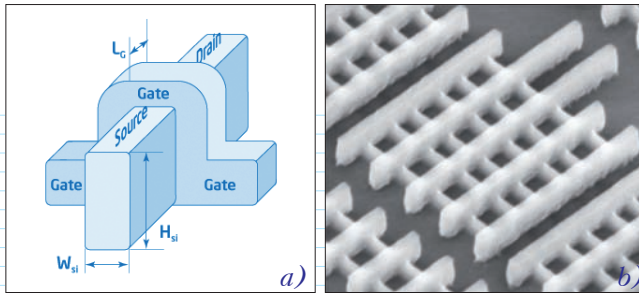


Рис. 2. Схема (а) и фото (б) трехмерного Tri-Gate транзистора, изготовленного с соблюдением технологической нормы 22 nm

Scheme (a) and photo (b) of 22nm 3D Tri-Gate transistor

и с меньшими токами утечки. Технология будет применяться при изготовлении энергоэффективных процессоров нового поколения Ivy Bridge с соблюдением технологической нормы 22 nm (рис. 2б).

Лидеры мирового рейтинга суперкомпьютеров Top500

Теперь рассмотрим рекордные достижения на мировом рынке суперкомпьютеров, зафиксированные в рейтинге Top500. На диаграммах сопоставляются данные за два года, представленные в последних пяти списках (с 33-го по 37-й).

К июню 2011 года петафлопсовый барьер преодолел десяток супервычислителей из четырех стран: США (5 суперкомпьютеров), Китай (2), Япония (2), Франция (1). Таким образом, за полгода (с ноября 2010 г.) в мире появились два новых американских и один японский петафлопсник.

Бегло перечислим суперкомпьютеры первой десятки и немного задержимся на новом рекордсмене.

1 В июне 2011 года Top500 возглавил японский суперкомпьютер “K computer” (рис. 3а), название которого происходит от японского слова “кэй”, означающего 10 квадриллионов ($10 \cdot 10^{15}$). Этот суперкомпьютер находится в Институте физико-химических исследований (RIKEN) в городе Кобе, а строит его компания Fujitsu. По проекту система должна содержать 81 600 восьмиядерных процессоров SPARC64 VIIIfx, которые обеспечат ей быстродействие в $10 \cdot 10^{15}$ FLOPS или 10 PFLOPS.

К моменту подачи заявки на включение в 37-й список рейтинга Top500 функционировало уже 68 544 процессора с общим числом вычислительных ядер 548 352. Это позволило системе показать в тесте LINPACK реальное быстродействие 8.162 PFLOPS. Вычислительная эффективность (отношение реальной и пиковой производительности) при этом составила 93%.

Восьмиядерный процессор SPARC64 VIIIfx (рис. 3д), разработанный совместно компаниями Fujitsu и Sun (ныне – составная часть компании Oracle), производится в соответствии с технологической нормой 45 nm. Ко всем работающим в энергонапряженном режиме элементам, расположенным на системных платах, подведено водяное охлаждение (рис. 3б, 3с).

Отметим, что только два японских суперкомпьютера из первой десятки Top500 вошли также и в первую десятку 9-го списка Green500 – рейтинга энергоэффективных систем. Вычислители “K computer” и Tsubame 2.0 заняли там 6-е и 4-е места соответственно.

2 На 2-е место теперь переместился лидер предыдущего 36-го списка – китайский суперкомпьютер “Tianhe-1A”, установленный в Национальном суперкомпьютерном центре (National Supercomputing Center) в гор. Тяньцзинь. Реальное быстродействие этой системы, зафиксированное тестами LINPACK, составляет 2.566 PFLOPS, а пиковый (расчетный) показатель – 4.701 PFLOPS. Напомним, что она является собственной китайской разработкой Национального университета оборонных технологий (National University of Defense Technology – NUDT). Система относится к гибридным, и в ней сочетаются центральные процессоры Intel Xeon X5670 и графические процессоры NVIDIA.

3 Третье место теперь занимает лидер 34-го и 35-го списков – суперкомпьютер Jaguar от компании Cray.

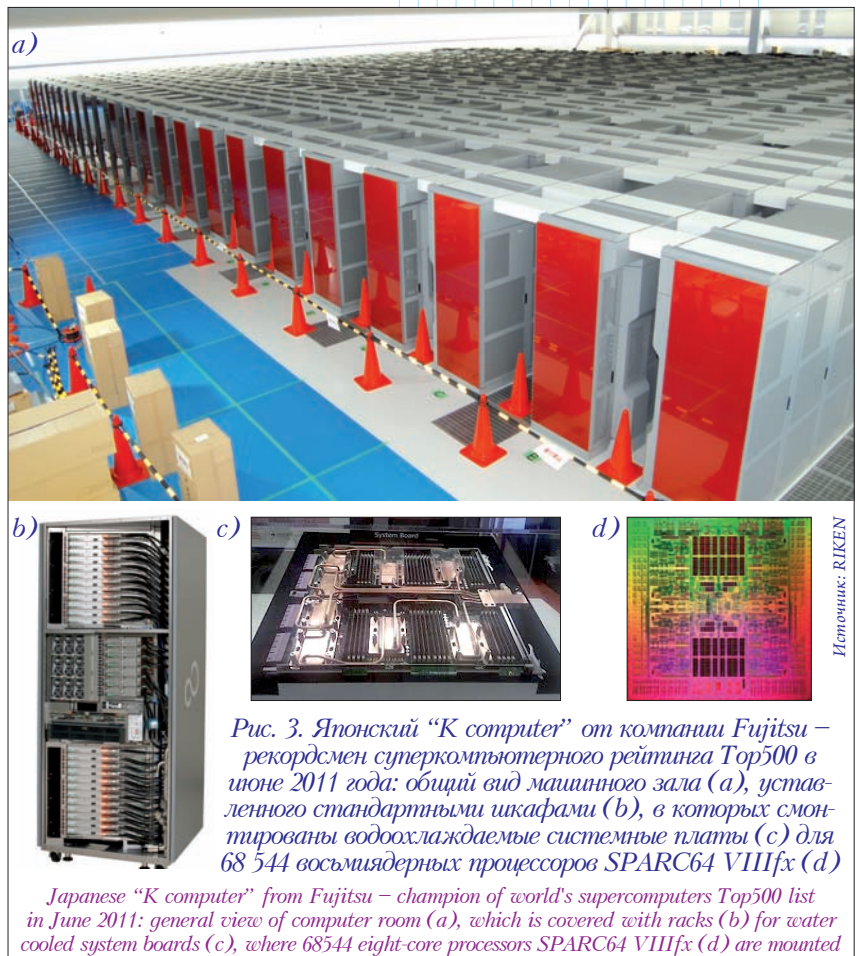


Рис. 3. Японский “K computer” от компании Fujitsu – рекордсмен суперкомпьютерного рейтинга Top500 в июне 2011 года: общий вид машинного зала (а), установленного стандартными шкафами (б), в которых смонтированы водоохлаждаемые системные платы (с) и 68 544 восьмиядерных процессоров SPARC64 VIIIfx (д)

Japanese “K computer” from Fujitsu – champion of world’s supercomputers Top500 list in June 2011: general view of computer room (a), which is covered with racks (b) for water cooled system boards (c), where 68544 eight-core processors SPARC64 VIIIfx (d) are mounted

Быстродействие системы достигает **1.759 PFLOPS** (пиковое – 2.331 PFLOPS).

4 Еще на одну ступеньку ниже, то есть на 4-ю позицию, опустился **Nebulae** с быстродействием **1.271 PFLOPS** (пиковое – 2.984 PFLOPS), который год назад первым из китайских суперкомпьютеров преодолел петафлопсовый барьер. Напомним, что и эта система является гибридной и построена на процессорах *Intel X5650* и графических процессорах *NVIDIA Tesla C2050*.

5 На 5-м месте находится вычислитель **Tsubame 2.0** с реальным быстродействием **1.192 PFLOPS** (пиковое – 2.288 PFLOPS), установленный в Токийском институте технологий (*Tokyo Institute of Technology*). Этот первый из японских суперкомпьютеров, преодолевших петафлопсовый барьер, появился в прошлом списке рейтинга. В гибридной системе, построенной японской компанией *NEC* и и американской *HP*, сочетаются процессоры *Intel Xeon X5670* и графические процессоры *NVIDIA*.

6 На шестом месте оказалась новая разработка суперкомпьютерного символа – компании *Cray*. Используя 8-ядерные процессоры *AMD* с частотой *2.4 GHz* и свою архитектуру *Cray XE6* она построила систему под названием **Cielo** с реальным быстродействием **1.11 PFLOPS** (пиковое – 1.315 PFLOPS). Этот суперкомпьютер разместился в Лос-Аламоской национальной лаборатории Министерства энергетики США (*Los Alamos National Laboratory*) в Калифорнии.

7 Свой первый петафлопсник под названием **Pleiades** создала компания *SGI* (прежде именовавшаяся *Rackable Systems*), обеспечившая таким образом продолжение жизни известного бренда недавно поглощенной компании. Занявший 7-е место супервычислитель с реальным быстродействием **1.088 PFLOPS** (пиковое – 1.315 PFLOPS) построен на базе *SGI Altix ICE 8200EX/8400EX*. Система работает в Национальном управлении по воздухоплаванию и исследованию космического пространства (*National Aeronautics and Space Administration – NASA*).

8 За прошедшие полгода с пятого места на восьмое переместился еще один петафлопсовый суперкомпьютер от компании *Cray* под названием **Hopper**, построенный на базе архитектуры *Cray XE6* с использованием 12-ядерных процессоров *AMD* с частотой *2.1 GHz*. Этот суперкомпьютер с реальным быстродействием **1.054 PFLOPS** (пиковое – 1.289 PFLOPS) продолжает ударно трудиться в Национальном вычислительном центре энергетических исследований Министерства энергетики США (*NERSC Center*) в Калифорнии.

9 На девятом месте теперь находится занимавший в прошлом рейтинге шестую позицию вычислитель **Tera-100** – первый европейский суперкомпьютер, преодолевший петафлопсовый барьер. Система с реальным быстродействием **1.05 PFLOPS** (пиковое – 1.255 PFLOPS), построенная французской компанией *Bull*, работает в Комиссариате атомной и альтернативных источников энергии (*Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives*).

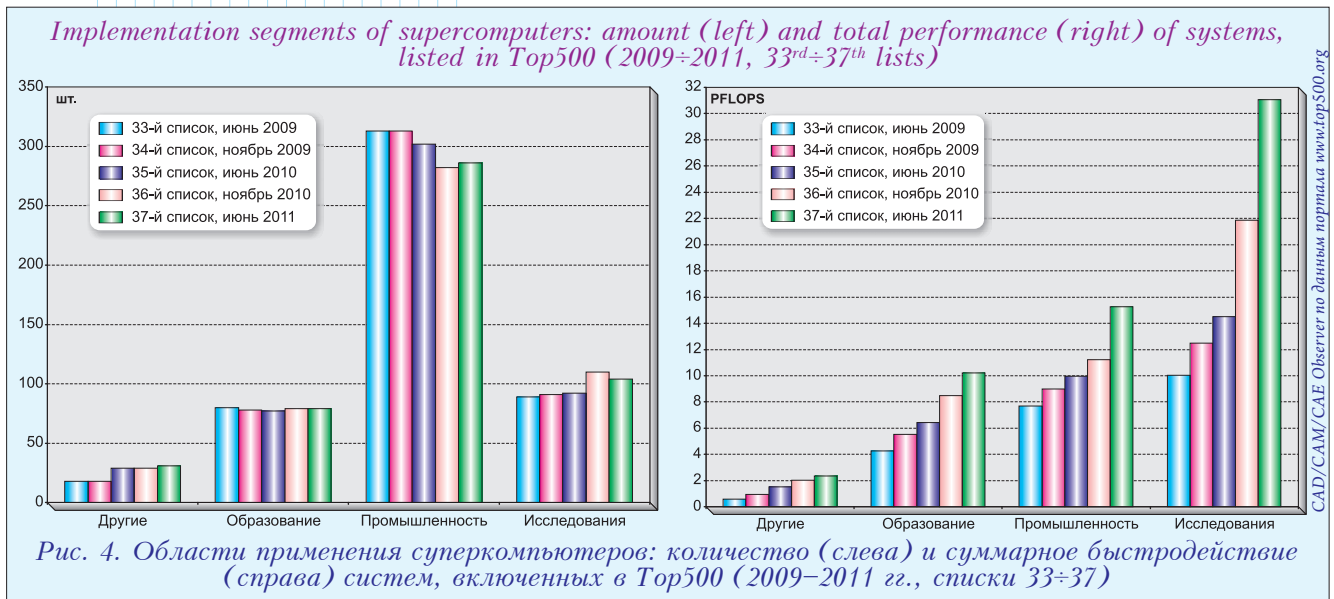
10 Самый первый в мире петафлопсовый суперкомпьютер **Roadrunner** (что переводится как калифорнийская бегающая кукушка) добежался до 10-го места. Напомним, что реальное быстродействие системы составляет **1.042 PFLOPS**, пиковое – 1.376 PFLOPS.

Как мы видим, рекордсменом можно считать и компанию *Cray*, усилиями которой в первой десятке рейтинга появились три суперкомпьютера с общим быстродействием 3.923 PFLOPS.

Области применения систем ВПВ

Наибольшее количество суперкомпьютеров из *Top500* работает в промышленности: в 37-м списке таких 286. Для научных исследований применяются 104 системы, а в образовании – 79 (рис. 4, слева). В сравнении с 36-м списком радикальных изменений не произошло – 282, 110 и 79 систем соответственно.

По суммарному быстродействию системы для науки идут впереди – 31.1 PFLOPS. На промышленность работает совокупная вычислительная мощь 15.3 PFLOPS, а на образование – 10.2 PFLOPS (рис. 4, справа). Таким



Implementation segments of supercomputers, listed in Russian Top50 (2009÷2011, 10th÷14th lists)

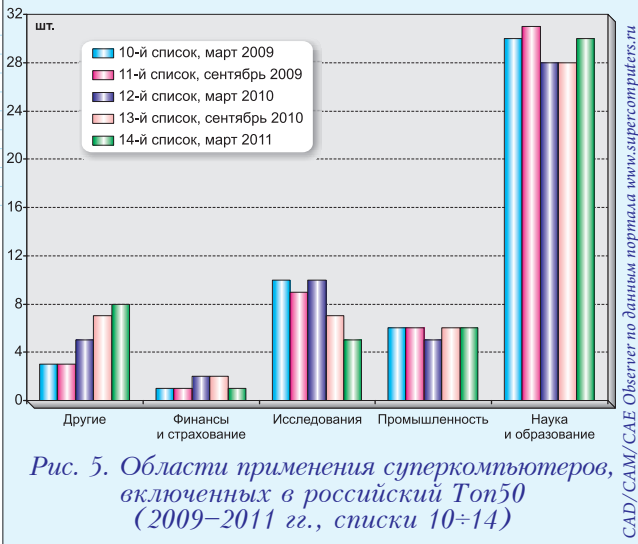


Рис. 5. Области применения суперкомпьютеров, включенных в российский Top50 (2009–2011 гг., списки 10÷14)

образом, за полгода произошел значительный прирост суммарной производительности: в 36-м списке соответствующие показатели были более скромными: 21.9, 11.2 и 8.5 PFLOPS.

Согласно данным российского рейтинга Top50, сегмент работающих на промышленность суперкомпьютеров в марте 2011 г. всё еще состоял из шести систем (рис. 5), а в сфере научных исследований работало и того меньше – пять. Две трети супервычислителей (30 систем) трудится в сфере российского высшего образования. Полгода назад, в сентябре 2010 года, цифры были такими: 6, 7 и 28 систем.

Региональный срез рейтинга Top500

Региональный “табель о рангах”, представленный на рис. 6, 7, включает США, Японию, Евросоюз, Китай и Россию.

Amount (left) and total performance (right) of supercomputers, listed in Top500 (2009÷2011, 33rd÷37th lists), in developed and emerging regions

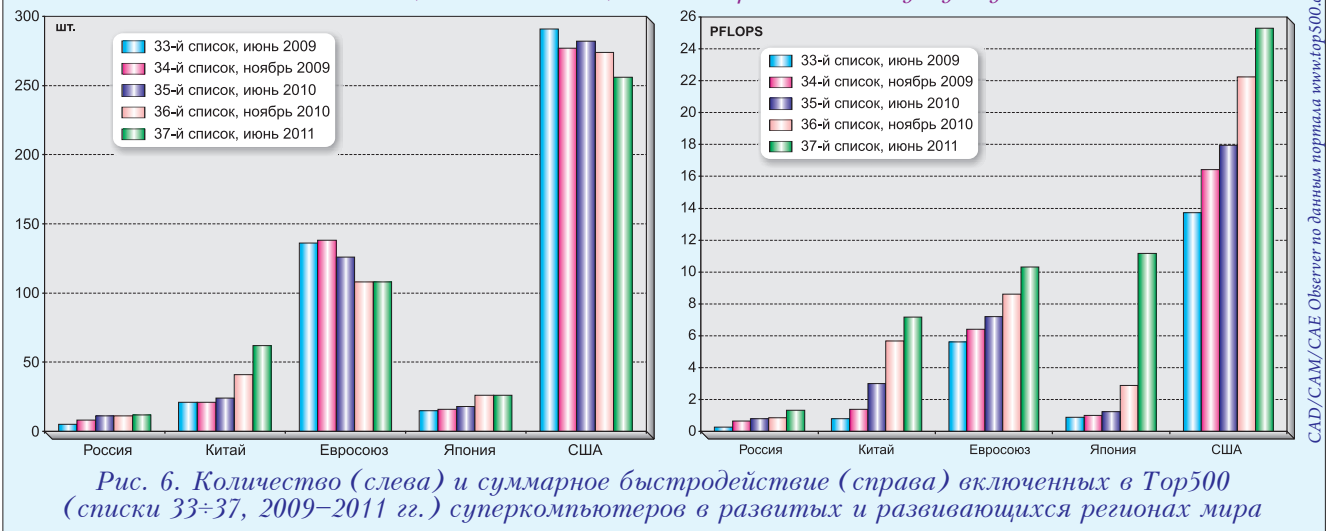


Рис. 6. Количество (слева) и суммарное быстродействие (справа) включенных в Top500 (списки 33÷37, 2009–2011 гг.) суперкомпьютеров в развитых и развивающихся регионах мира

✓ США

По данным на июнь 2011 года, США приютили больше половины (51.2%) систем, которые набрали проходной балл в Top500 – 256 суперкомпьютеров. Полгода назад их было немного больше – 276 (54.8%).

Суммарное быстродействие этих 256-ти систем достигает 25.28 PFLOPS (42.9% от общего значения для всех супервычислителей из списка Top500). Полгода назад этот параметр составлял 22.241 PFLOPS (51% от общего).

В ближайшие год-полтора тенденция к сокращению доли США в Top500, по всей вероятности, сменится ростом, поскольку ожидается появление трех рекордных супервычислителей:

- компания IBM создает для Аргонской национальной лаборатории (Argonne National Laboratory) систему IBM Blue Gene Mira с быстродействием 10 PFLOPS;
- компания Cray построит систему Titan с быстродействием 20 PFLOPS, которая будет установлена в Окриджской национальной лаборатории (Oak Ridge National Laboratory);
- компания IBM создает для Ливерморской национальной лаборатории им. Э. Лоуренса (Lawrence Livermore National Laboratory) в Калифорнии систему Sequoia, быстродействие которой должно достичь 20 PFLOPS, о чём было объявлено еще в 2009 году.

✓ Япония

Появление рекордного суперкомпьютера позволило Японии в июне 2011 года подняться на вторую позицию по величине суммарной производительности: 11.182 PFLOPS (19% от общей). В ноябре 2010 года 26 работающих на территории Японии систем из списка Top500 продемонстрировали только 4-ю по величине суммарную производительность: 2.904 PFLOPS (6.7% от общей). Таким образом, за полгода этот показатель вырос почти в четыре раза.

По всей видимости, введение в эксплуатацию в полном объеме вычислителя “K computer” с быстродействием 10 PFLOPS позволит японцам сохранить отвоеванное

у Евросоюза место и в следующем списке *Top500*.

✓ Евросоюз

В странах ЕС инсталлировано 108 систем (21.6%) из списка *Top500* – столько же было и пол-года назад.

Суммарное быстродействие этих 108 систем достигло 10.322 PFLOPS (17.5% от общего значения для *Top500*). Полгода назад, в ноябре 2010 года, этот параметр составлял 8.627 PFLOPS (19.8% от общего).

Три первых места в ЕС стабильно занимают Франция (25 систем), Германия (30 систем) и Великобритания (27 систем). На долю этих трех стран приходится 75.9% суперкомпьютеров из *Top500* на территории ЕС и 80.4% их суммарного быстродействия.

Евросоюз направляет значительные инвестиции на развитие суперкомпьютерной отрасли и экзафлопсовых вычислений в соответствии со следующими программами:

- PRACE (*Partnership for Advanced Computing in Europe*);
- EESI (*European Exascale Software Initiative*).

В середине 2012 года ожидается введение в эксплуатацию супервычислителя *SuperMUC* с пиковым быстродействием порядка 3 PFLOPS, который будет размещен в Суперкомпьютерном центре им. Лейбница (*Leibniz Supercomputing Centre*) в гор. Гархинге (федеральная земля Бавария, ФРГ). Система создается в сотрудничестве компаниями *IBM* и *Intel*.

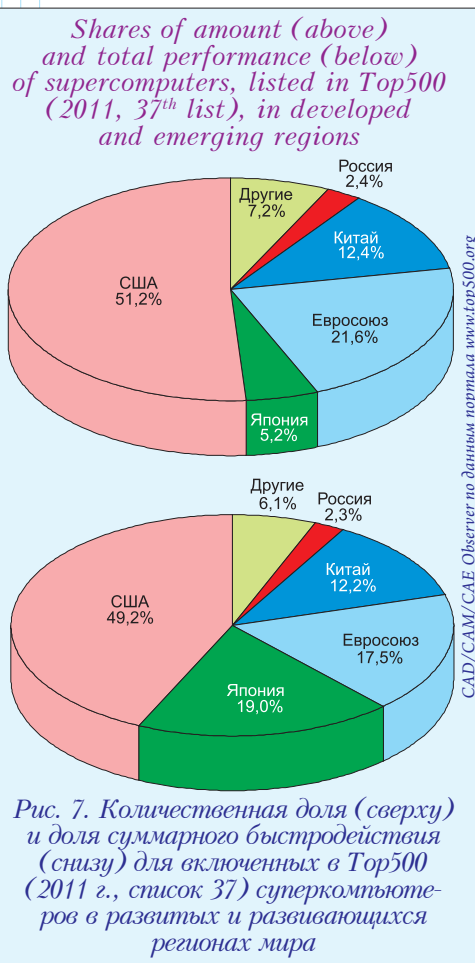
✓ Китай

По данным 37-го списка, Китай сейчас располагает 62-мя суперкомпьютерами уровня *Top500*, так что 12.4% систем в списке имеет китайское происхождение. Полгода назад, в ноябре 2010 года, их было 8.2% (41 система).

Суммарное быстродействие топовых китайских систем достигло 7.177 PFLOPS, а доля КНР уже на протяжении двух списков является двухзначной: 12.2% от общего значения для *Top500*.

Безусловным достижением Китая является создание суперкомпьютера *Dawning 6000* с быстродействием 300 TFLOPS на базе 3000 восьмиядерных процессоров *Godson 3B* собственной разработки; процессоры работают на частоте 1 GHz и имеют производительность 3.2 GFLOPS. Появление следующего поколения китайских процессоров – *Godson 3C* – ожидается в 2012–2013 году.

Следует отметить, что в настоящее время суперкомпьютерами на базе процессоров собственного



производства могут похвастаться лишь три страны – США, Япония и Китай.

✓ Россия

В 37-м списке рейтинга *Top500* Россия представлена 12-ю системами (2.4% от общего числа). Суммарное их быстродействие составляет 1.342 PFLOPS (2.3% от общего). Таким образом, суммарная производительность включенных в рейтинг *Top500* российских систем впервые достигла петафлопсового рубежа.

По состоянию на июнь 2011 года, российский лидер ВПК, суперкомпьютер “Ломоносов” с реальным быстродействием 674 TFLOPS занимает 13-е место в мире, более чем в 12 раз уступая по производительности мировому лидеру – “K computer”. При этом пиковое быстродействие российского суперкомпьютера впервые превысило петафлопсовый рубеж (1.373 PFLOPS), однако вычислительная эффективность составляет всего лишь 49%. Интересно, что в ноябре 2010 года, до своей модернизации, “Ломоносов” демонстрировал вычислительную эффективность 84.5% – в соответствии с тестом *LINPACK*, он выдавал 350 TFLOPS при пиковом быстродействии 410 TFLOPS.

Крайне странной является позиция госкорпорации “Росатом”, которая решила засекретить суперкомпьютер петафлопсового класса с реальным быстродействием 780 TFLOPS, введенный в эксплуатацию еще в начале марта 2011 года в ядерном центре РФЯЦ-ВНИИЭФ в городе Сарове. Официальные данные об этой системе не подавались ни в российский рейтинг *Top500*, ни в мировой *Top500*. На наш взгляд, борьба за лидерство на суперкомпьютерном рынке должна радикально отличаться от игры в преферанс, где ведение партии “втемную” приносит значительный выигрыш. Как известно, шила в мешке не утаишь, равно как и технологическое отставание в суперкомпьютерной отрасли завесой секретности не скроешь.

Расклад сил на российском суперкомпьютерном рынке будет во многом определяться составом исполнителей федеральных программ РФ и совместной программы Союзного государства России и Белоруссии, а также прописанными в этих программах взаимоотношениями между исполнителями. Поскольку согласование концепций и программ, включая развитие экзафлопсовых вычислений, еще продолжается, имеет смысл подождать, пока, как говорят шахматисты, позиция на доске определится. По всей видимости, прогресс в отрасли будет зависеть от того, насколько согласованной будет работа нескольких остро конкурирующих команд, относящихся к разным ведомствам и формам собственности. В

CAD/CAM/CAE Observer по данным портала www.top500.org

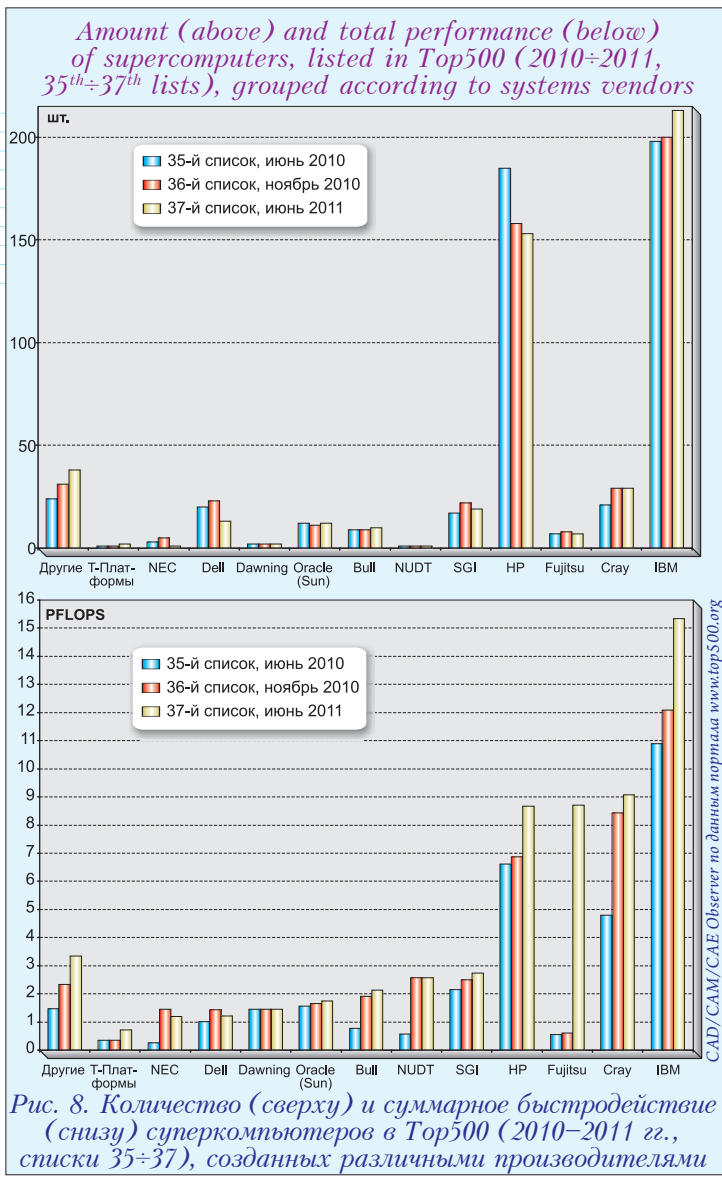


Рис. 8. Количество (сверху) и суммарное быстродействие (снизу) суперкомпьютеров в Top500 (2010–2011 гг., списки 35–37), созданных различными производителями

первую очередь, здесь надо назвать Научно-исследовательский вычислительный центр Московского университета им. М.В. Ломоносова, Институт программных систем Российской Академии Наук, Российский федеральный ядерный центр в Сарове и компанию “Т-Платформы”. А на карту поставлены темпы инноваций и технологического развития России...

Ведущие производители суперкомпьютеров

Показатели ведущих производителей суперкомпьютеров в рейтинге Top500 представлены на рис. 8. Все компании отранжированы в соответствии с суммарной производительностью систем, набравших проходной балл в Top500.

Круг рассматриваемых компаний включает следующие три группы:

- производители суперкомпьютеров, входящих в первую десятку Top500 – Fujitsu, NUDT, Cray, Dawning, NEC, SGI, Bull, IBM;
- лидеры мирового рынка HPC-систем – IBM, HP, Dell, Oracle (Sun), Fujitsu;
- лидеры региональных рынков HPC-систем – IBM, Bull, NUDT, Dawning, Fujitsu, NEC, “Т-Платформы”.

По количеству установленных суперкомпьютеров лидером трех последних списков (июнь и ноябрь 2010 г., июнь 2011 г.) является корпорация IBM, построившая 198, 200 и 213 систем из пятисот соответственно. Показатели HP немного скромнее – 185, 158 и 153 систем (рис. 8, сверху).

На порядок меньшим числом инсталлированных систем могут похвастаться компании Cray, SGI, Dell, Oracle (Sun) и Bull – в июне 2011 года их было 29, 19, 13, 12 и 10 соответственно.

В аспекте суммарного быстродействия всех установленных систем бесспорным лидером Top500 является IBM (рис. 8, снизу). В июне и ноябре 2010 года, а также в июне 2011 года этот важнейший

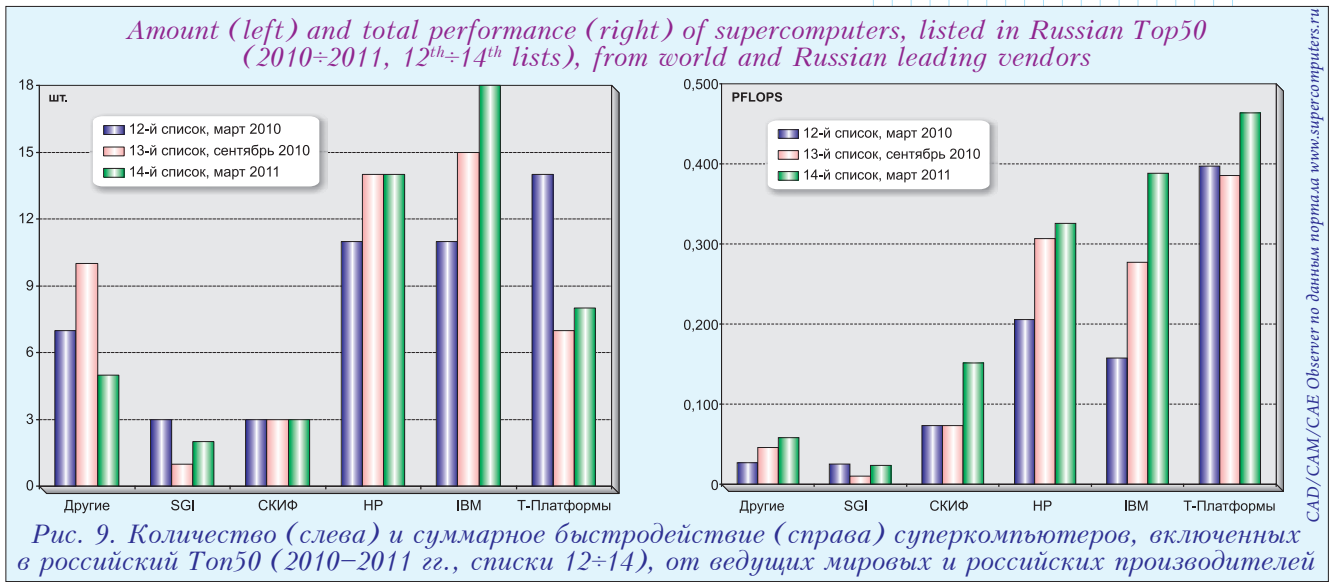


Рис. 9. Количество (слева) и суммарное быстродействие (справа) суперкомпьютеров, включенных в российский Top50 (2010–2011 гг., списки 12–14), от ведущих мировых и российских производителей

показатель имел значения 10.9, 12.1 и 15.3 PFLOPS соответственно.

Вторую позицию по суммарной производительности в июне 2011 года занимают системы от Cray – 9.1 PFLOPS. На третью позицию в 37-м списке вышли суперкомпьютеры Fujitsu – 8.704 PFLOPS. А на четвертом месте находятся системы от HP – 8.675 PFLOPS.

Суммарная производительность систем остальных компаний находится в промежутке от 1 до 3 PFLOPS.

В российском списке Top50 (рис. 9) первую позицию по суммарной производительности систем занимает компания “Т-Платформы” (464 TFLOPS для 8-ми систем), опережая IBM (388 TFLOPS для 18-ти систем) и HP (325 TFLOPS для 14-ти систем).

Компания “Т-Платформы” является лидером российского рынка, значительный сегмент которого зависит от государственного финансирования на приобретение суперкомпьютеров образовательными и исследовательскими учреждениями. Таким образом, выручка компании зависит от активности государства в продвижении своих приоритетных технологических проектов. В этих условиях разумным представляется решение руководства

компании о расширении присутствия на зарубежных рынках, суммарный объем которых превышает объем российского рынка на один-два порядка.

Уже выполненные контракты, а также имеющиеся технологические заделы, о которых мы уже упоминали в наших обзорах, являются хорошей основой для решения амбициозной задачи стать компанией мирового уровня. Поскольку эта задача требует длительных усилий, которые не сразу приносят финансовые плоды, мы будем наблюдать за этим процессом, фиксируя позицию компании “Т-Платформы” в мировом Top500 в окружении теперь уже реальных конкурентов (рис. 8). 👁

(Продолжение следует)

Об авторе:

Павлов Сергей Иванович – Dr. Phys., редактор аналитического PLM-журнала CAD/CAM/CAE Observer (sergey@cadcamcae.lv), научный сотрудник Лаборатории математического моделирования окружающей среды и технологических процессов Латвийского университета (Sergejs.Pavlovs@lu.lv)

◆ Новости компаний ANSYS и CADFEM ◆

Открылся “Центр компетенции в области расчетного моделирования морских инженерных сооружений”

16 июня 2011 г. компании **ANSYS Inc.** (www.ansys.com), **CADFEM CIS** (www.cadfem-cis.ru) и Санкт-Петербургский государственный морской технический университет (www.smtu.ru) объявили об открытии в **СПбГМТУ** “Центра компетенции в области расчетного моделирования морских инженерных сооружений”. Основной его деятельностью станет развитие и распространение компетенции расчетного моделирования. Компания **CADFEM CIS**, авторизованный дистрибьютор программных продуктов **ANSYS**, предоставляет СПбГМТУ учебные лицензии, а также информационные, технические и иллюстративные материалы.

СПбГМТУ, пользующийся известностью благодаря подготовке квалифицированных инженерных и научных кадров и научным разработкам в области судостроения, уже долгое время использует продукты **ANSYS** в учебном процессе и исследованиях, и намеревается способствовать продвижению методов расчетного моделирования в исследованиях и проектах предприятий судостроительной промышленности.

В этой связи **К.П. Борисенко**, ректор СПбГМТУ, сказал: “Сотрудничество с **CADFEM CIS** помогает нам не только готовить квалифицированных морских инженеров, но и быть на передовом рубеже науки, что, несомненно, способствует росту авторитета Морского университета и его выпускников”.

Круг задач Центра не ограничится учебным процессом. Запланированы научные исследования в области прочности судовых конструкций, совместные семинары на предприятиях, мастер-классы и консалтинговые работы.

“Для нас важно сотрудничать с университетами – это не только расширяет круг наших интересов, но и



Ректор СПбГМТУ Борисенко К.П. и генеральный директор CADFEM CIS Локтев В.Д.

дает верное направление развития компании. Общение наших инженеров с учеными и преподавателями взаимно обогащает стороны и дает стимул к внедрению расчетного математического моделирования в учебный и производственный процесс”, – сказал **В.Д. Локтев**, генеральный директор **CADFEM CIS**.

В свою очередь **Thomas Willkommen**, ответственный менеджер **ANSYS Inc.** по Восточной Европе, отметил: “Создание центров компетенции на базе сотрудничества университетов и высокотехнологических компаний, их поддержка и развитие – важная особенность и даже необходимость развития наукоемкой индустрии, к которой, безусловно, относится судостроение. Компания **ANSYS** поддерживает своих партнеров в их стремлении увеличить долю наукоемкого труда в проектировании и создании новой высокотехнологичной техники”. 👁