



# ОБЗОР ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Если создать систему, которой сможет пользоваться даже дурак, то только дурак захочет ею пользоваться.

*А. Блох*

# Содержание

2

- Пути достижения параллелизма вычислений
- Определение суперкомпьютера
- Примеры суперкомпьютеров

# Параллельные вычисления

3

- *Параллельные вычисления* – процессы решения задач, в которых в один и тот же момент времени могут выполняться одновременно несколько вычислительных операций.

# Пути достижения параллелизма

4

- Независимое функционирование отдельных устройств компьютера (устройства ввода-вывода, обрабатывающие процессоры и устройства памяти).
- Избыточность элементов вычислительной системы
  - использование специализированных устройств
    - отдельные процессоры для целочисленной и вещественной арифметики, устройства многоуровневой памяти;
  - дублирование устройств
    - использование нескольких однотипных обрабатывающих процессоров или нескольких устройств оперативной памяти
- Конвейерная реализация обрабатывающих устройств.

# Пути достижения параллелизма

5

- *Многозадачный (псевдопараллельный) режим*
  - для выполнения нескольких процессов используется единственный процессор
- *Параллельный режим*
  - в один и тот же момент времени может выполняться несколько команд обработки данных (обеспечивается при наличии нескольких процессоров или при помощи конвейерных и векторных обрабатывающих устройств)
- *Режим распределенных вычислений*
  - для параллельной обработки данных используется несколько удаленных друг от друга обрабатывающих устройств, а передача данных по линиям связи приводит к существенным временным задержкам.

# Суперкомпьютер

6

- *Суперкомпьютер* – вычислительная система, обладающая предельными характеристиками по производительности среди компьютерных систем, имеющих в данное время.
- Другие определения ☺
  - Суперкомпьютер – любой компьютер, весящий более одной тонны.
  - Суперкомпьютер – любой компьютер, который создал Сеймур Крей (создатель ряда американских суперкомпьютеров).



Сray-2, самый быстрый компьютер 1985-89 гг.

# Производительность суперкомпьютеров

7

- *FLOPS (Floating point Operations Per Second, флорпс)* – мера производительности, показывающая, сколько операций с плавающей запятой в секунду выполняет данная вычислительная система.

Производительность суперкомпьютеров

Название	год	FLOPS
<b>флорпс</b>	<b>1941</b>	<b>10</b>
<b>килофлорпс</b>	<b>1949</b>	<b>10<sup>3</sup></b>
<b>мегафлорпс</b>	<b>1964</b>	<b>10<sup>6</sup></b>
<b>гигафлорпс</b>	<b>1987</b>	<b>10<sup>9</sup></b>
<b>терафлорпс</b>	<b>1997</b>	<b>10<sup>12</sup></b>
<b>петафлорпс</b>	<b>2008</b>	<b>10<sup>15</sup></b>
<b>эксафлорпс</b>	<b>2021</b>	<b>10<sup>18</sup></b>
<b>зеттафлорпс</b>	<b>2037</b>	<b>10<sup>21</sup></b>
<b>йоттафлорпс</b>	<b>2066</b>	<b>10<sup>24</sup></b>
<b>ксерафлорпс</b>	<b>2082</b>	<b>10<sup>27</sup></b>

# Пиковая и Linpack производительность

8

- *Пиковая производительность* – суммарная производительность процессоров (ядер), из которых состоит суперкомпьютер
- *Linpack-производительность* определяется путём запуска на суперкомпьютер теста LINPACK (решение систем линейных алгебраических уравнений), в ходе которого решается задача с известным количеством операций и подсчитывается время, за которое она была решена.



# Популярность Linpack

9

- Флопс является абсолютной величиной.
- Многие задачи инженерной и научной практики в конечном итоге сводятся к решению СЛАУ, а тест LINPACK как раз и базируется на измерении скорости решения таких систем.
- Подавляющее большинство компьютеров (включая суперкомпьютеры) построены по классической архитектуре с использованием стандартных процессоров, что позволяет использовать общепринятые тесты с большой достоверностью.

# Границы применимости FLOPS

10

- Флопс не всегда адекватная мера производительности, поскольку неоднозначным является уже само его определение.
  - Под "операцией с плавающей запятой" может скрываться масса разных понятий.
  - Существенную роль в данных вычислениях играет разрядность операндов, которая также нигде не оговаривается.
  - Величина флопс подвержена влиянию очень многих факторов, напрямую не связанных с производительностью вычислительного модуля:
    - пропускная способность каналов связи с окружением процессора
    - производительность основной памяти
    - синхронность работы кэш-памяти разных уровней.
- Результаты, полученные на одном и том же компьютере при помощи разных программ, могут существенным образом отличаться. Более того, с каждым новым испытанием разные результаты можно получить при использовании одного алгоритма.

# Границы применимости FLOPS

11

- ❑ Суперкомпьютер MDGrape-3 (Исследовательский институт RIKEN, Япония), пиковая производительность 1 Пфлопс.
  - ❑ Данный компьютер не является компьютером общего назначения и приспособлен для решения задач моделирования сворачивания белков, и стандартный тест LINPACK на нем выполнить невозможно в силу особенностей его архитектуры.
- ❑ Игровая приставка Xbox 360 (Microsoft), пиковая производительность 1 Тфлопс, приставка PlayStation 3 (SONY) – 2 Тфлопс (суперкомпьютеры начального уровня!).
  - ❑ Операции с 3d графикой, которые они в основном выполняют, очень хорошо поддаются распараллеливанию, что с успехом используется в графических процессорах.
  - ❑ Однако эти процессоры не в состоянии выполнять большинство задач общего назначения, и их производительность не поддается оценке теста LINPACK и сравнению с другими системами.

# Кластеры

12

- *Кластерная вычислительная система (кластер)* – набор рабочих станций или персональных компьютеров общего назначения, объединенных в систему с помощью одной из стандартных сетевых технологий (Fast или Gigabit Ethernet, Myrinet и др.) на базе шинной архитектуры или коммутатора.
- Кластер предполагает более высокую надежность и эффективность, чем ЛВС, и существенно более низкую стоимость в сравнении с другими видами параллельных вычислительных систем (за счет использования типовых аппаратных и программных решений).

# Персональные суперкомпьютеры

13

- Персональный мини-кластер T-Edge Mini [t-platforms.ru/ru/temini.php](http://t-platforms.ru/ru/temini.php)
  - 4 двухпроцессорных узла на базе 4-ядерных процессоров Intel Xeon (всего 32 ядра)
  - Оперативная память – до 128 Гбайт
  - Сеть передачи данных – Gigabit Ethernet или InfiniBand
  - Операционная система – одна из: SUSE Linux Enterprise Server, RedHat Enterprise Linux, MS Windows Compute Cluster Server 2003
  - Пиковая производительность – 384 GFlops
  - Размеры – 57×33×76 см



# Динамика развития суперкомпьютерных мощностей в ЮУрГУ

Вычислительный кластер  
**Physics**  
Пиковая производительность  
**1 Gflops**  
**2000 г.**



Вычислительный кластер  
**Infinity**  
Пиковая производительность  
**333 Gflops**  
**2004 г.**



Вычислительный кластер  
**СКИФ Урал**  
Пиковая производительность  
**16 Teraflops**  
**2008 г.**



Суперкомпьютер  
**СКИФ-Аврора ЮУрГУ**  
Пиковая производительность  
**24 Teraflops**  
**2010 г.**



Суперкомпьютер  
**СКИФ-Аврора ЮУрГУ**  
Пиковая производительность  
**117 Teraflops**  
**2011 г.**



**Intel Pentium 3**  
0,8 ГГц

**Intel Xeon64 DP**  
3,2 ГГц

**Intel Xeon E5472**  
3 ГГц

**Intel Xeon x5570**  
2,93 ГГц

**Intel Xeon x5680**  
3,33 ГГц

# Infinity

15

- Число вычислительных узлов/процессоров: 26/52
- Тип процессора:  
Intel Xeon EM64T 3.2 ГГц
- Оперативная память: 58 Гб
- Дисковая память: 2400 Гб
- Тип системной сети:  
InfiniBand (PCI-Express 4x)
- Тип управляющей (вспомогательной) сети: Gigabit Ethernet
- Пиковая производительность: 333 GFlops
- Производительность на тесте Linpack:  
270 GFlops
- Операционная система:
  - Linux Gentoo 2006.1
  - Windows Compute Cluster Server 2003
- Система бесперебойного электропитания: 15 kVA



# СКИФ Урал

16

- Число вычислительных узлов/процессоров/ядер:  
166/332/1328
- Оперативная память: 1.33 Тб
- Тип процессора:  
Intel Xeon E5472 (4 ядра по 3.0 ГГц)
- Дисковая память: 49.29 Тб
- Параллельная система хранения данных:  
T-Platforms ReadyStorage – 20ТВ
- Тип системной сети:  
InfiniBand (20 Гбит/s, макс. задержка 2  $\mu$ s)
- Тип управляющей сети: Gigabit Ethernet
- Сервисная сеть: СКИФСервNet
- Пиковая производительность: 16 Тфлопс
- Производительность на тесте Linpack: 12.2 Тфлопс
- Операционная система:
  - SUSE Linux Enterprise Server 10
  - Windows HPC Server 2008
- Система бесперебойного электропитания:  
APC Symmetra 160 kVA

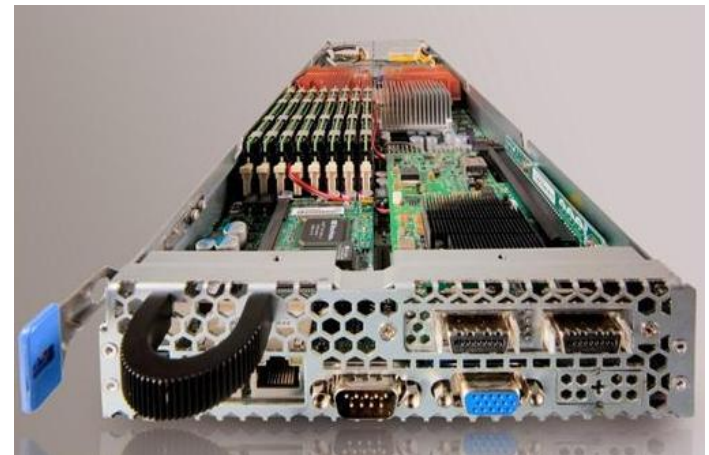




# Вычислительный узел СКИФ Урал

17

- Тип процессора:  
Intel Xeon E5472 (4 ядра по 3.0ГГц)
- Оперативная память: 8 Гб
- Дисковая память: 320 Гб
- Операционная система:
  - SUSE Linux Enterprise Server 10
  - Windows Computer Cluster Server



# Хост-машина СКИФ Урал

18

- Тип процессора:  
Intel Xeon E5472 (4 ядра по 3.0 ГГц)
- Оперативная память: 16 Гб
- Дисковая память: 1.25 Тб RAID
- Операционная система:
  - SUSE Linux Enterprise Server 10
  - Windows Computer Cluster Server



# Параллельная система хранения данных СКИФ Урал

19

- Производительное хранилище данных Panasas ActiveStorage 5100 (20 Тб) с архитектурой NAS, разработанное специально для кластеров
- Пропускная способность более 60 Гбит/сек
- Параллельный доступ к данным всех узлов кластера



# Характеристики суперкомпьютера «СКИФ-Аврора ЮУрГУ»



- **4** место в рейтинге СНГ TOP50
- **185** место в рейтинге TOP500
- **117** Терафлопс
- **8832** вычислительных ядер
- Оперативная память: **9** Тбайт
- Дисковая память: Intel SSD **108** Тбайт

Коммуникационные сети:

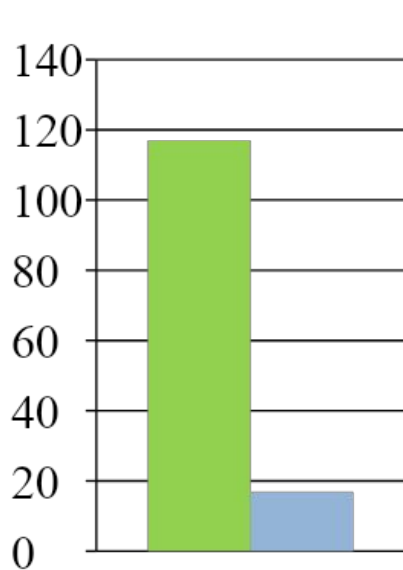
- Системная сеть: 3D torus, **60** Гбит/сек.
- InfiniBand QDR, **40** Гбит/сек.
- Gigabit Ethernet
- Сети мониторинга – **3** шт.

# Суперкомпьютер «СКИФ-Аврора ЮУрГУ»

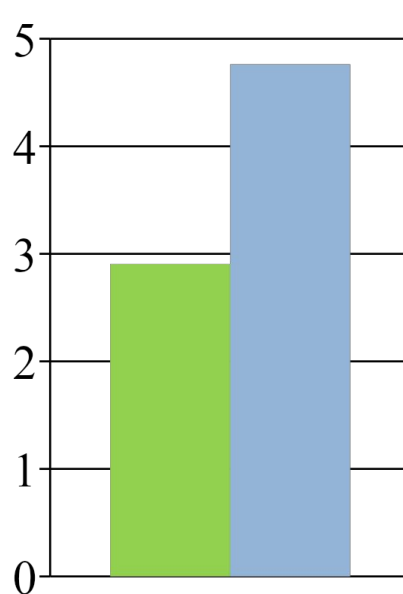


■ СКИФ-Аврора ЮУрГУ  
■ СКИФ Урал

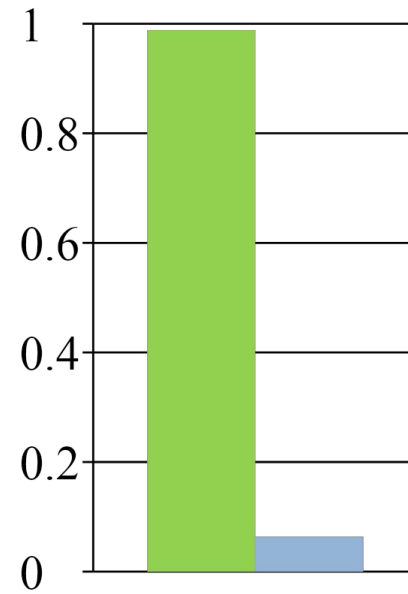
- Высший технологический уровень
- Высокая производительность
- Высокая надежность
- Низкая стоимость владения
- Эффективное использование площадей



Производительность (TFlops)



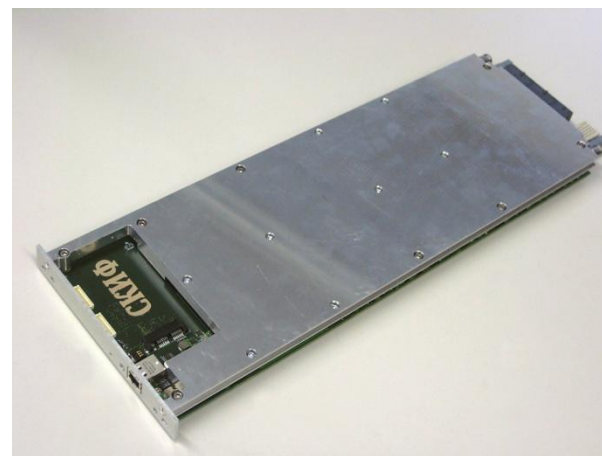
Энергопотребление (Киловатт/TFlops)



Плотность упаковки (TFlops/Юнит)

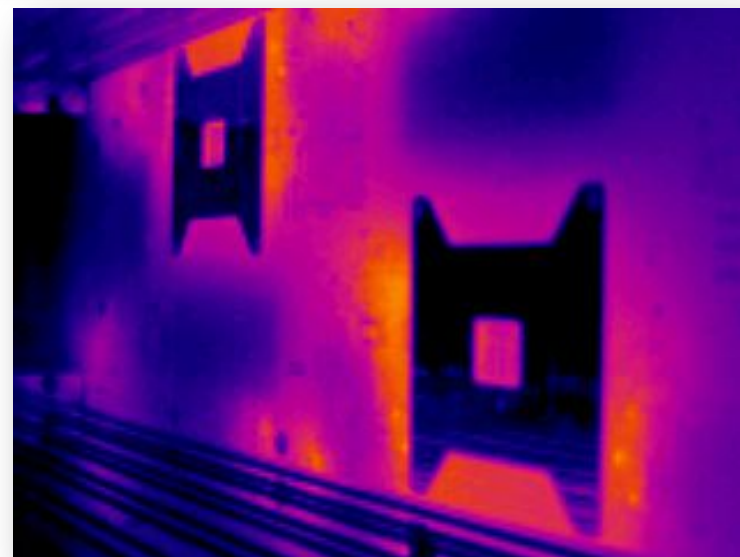
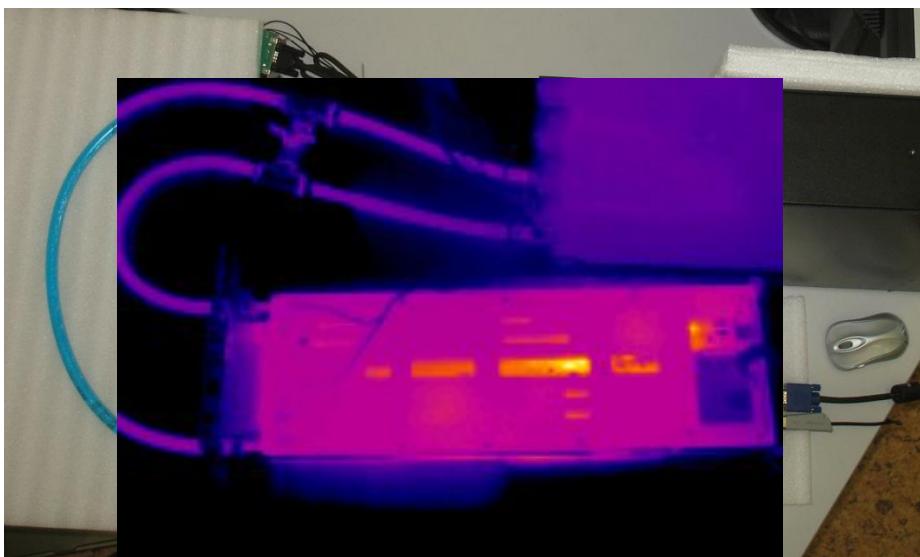
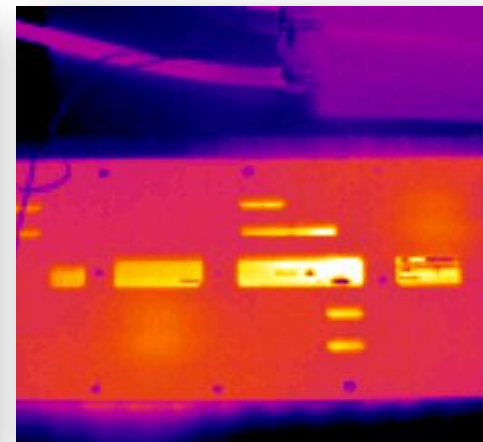
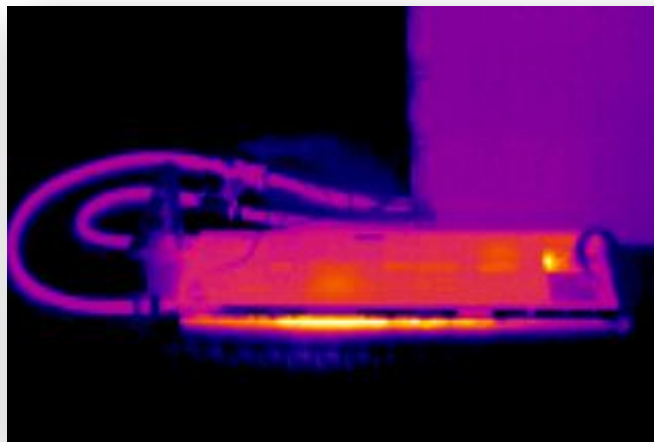
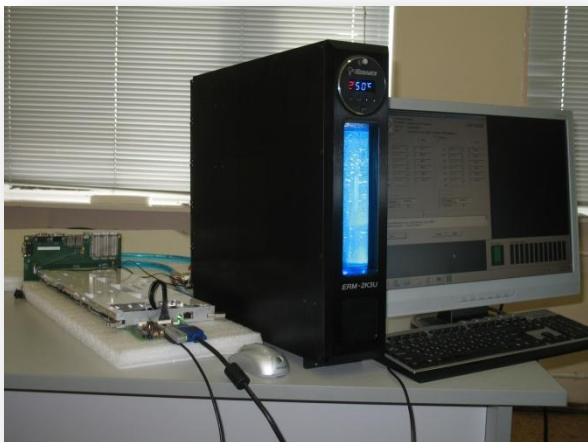


**Вычислительный модуль  
СуперЭВМ «СКИФ Аврора»  
с водяным охлаждением**



Охлаждение горячей водой.

Полная нагрузка In — 50°C, Out — 55°C, CPU — 86–92°C





*SKIF Aurora Platform - Intel Xeon X5680*

*South Ural State University, Russia*

Is ranked

*No. 87*

among the world's TOP500 Supercomputers

**with 100.4 TFlop/s Linpack Performance**

On the TOP500 List published at the ISC11 conference, June 20<sup>th</sup>, 2011

Congratulations from The TOP500 Editors

Handwritten signature of Hans Meuer in black ink.

Hans Meuer  
University of Mannheim

Handwritten signature of Erich Strohmaier in black ink.

Erich Strohmaier  
NERSC/Berkeley Lab

Handwritten signature of Jack Dongarra in black ink.

Jack Dongarra  
University of Tennessee

Handwritten signature of Horst Simon in black ink.

Horst Simon  
NERSC/Berkeley Lab



Суперкомпьютерный центр ЮУрГУ - Windows Internet Explorer

http://supercomputer.susu.ru/

Файл Правка Вид Избранное Сервис Справка

Избранное Суперкомпьютерный центр ЮУрГУ

Страница Безопасность Сервис

## СКЦ ЮУрГУ

### СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫЙ ЦЕНТР

Национального исследовательского университета ЮУрГУ


- СУПЕРКОМПЬЮТЕРЫ
  - Суперкомпьютер «СКИФ-Аврора ЮУрГУ»
  - Кластер «СКИФ Урал»
  - Кластер «Infinity»
  - Суперкомпьютерная сеть «СКИФ-Полигон»
- ПОЛЬЗОВАТЕЛЯМ
  - Правила
  - Регистрация
  - Пакеты программ
  - Программирование
  - Техническая поддержка
  - Обучение
  - **Программа "СуперИнжиниринг"**
- КОММЕРЧЕСКИМ КЛИЕНТАМ
  - Услуги
- О НАС
  - Новости
  - Информация в СМИ
  - Сотрудники
  - История
  - Фотографии
  - Эмблема СКЦ
  - Научные публикации пользователей
  - Контакты

Google

поиск >>

www  по сайту

#### Добро пожаловать на сайт СКЦ ЮУрГУ!



Суперкомпьютерный центр Национального исследовательского университета ЮУрГУ (СКЦ ЮУрГУ) основан 28 мая 2008 года.

СКЦ ЮУрГУ является центром коллективного пользования. Включает в себя инновационный энергоэффективный суперкомпьютер "СКИФ-Аврора ЮУрГУ", используемый для решения научных и инженерных задач.

#### Как стать пользователем суперкомпьютера?

- Сотрудникам или студентам ЮУрГУ для получения доступа к ресурсам СКЦ необходимо заполнить две формы: "Данные для регистрации" (на каждую желаемую учетную запись) и "Служебная записка для регистрации". [Подробнее >>](#)
- Лицам из других некоммерческих организаций для получения доступа к к ресурсам СКЦ необходимо направить от руководства организации [официальное письмо на имя ректора ЮУрГУ](#) и заполнить форму "Данные для регистрации" на каждую желаемую учетную запись. [Подробнее >>](#)
- Для коммерческих организаций и юридических лиц СКЦ предлагает ряд услуг. Подробная информация о видах услуг и сопутствующих документах размещается в разделе "Коммерческим клиентам". [Подробнее >>](#)

Все возникающие вопросы направляйте по адресу [supercomputer@susu.ru](mailto:supercomputer@susu.ru).

**NEWS**

- 16.12.2010 -

**Зав. кафедрой системного программирования, директор Суперкомпьютерного центра ЮУрГУ Л.Б. Соколинский стал победителем в номинации ЮУрГУ "Человек года 2010"**


**16 декабря 2010 г.** прошел праздничный концерт, посвященный дню рождения ЮУрГУ. Это первый день рождения вуза в новом статусе национального исследовательского университета. Кульминацией праздника стало награждение победителей университетского конкурса "Человек года". Гран-при в этом году присудили директору Суперкомпьютерного центра ЮУрГУ Л.Б. Соколинскому. [Подробнее](#)

[Архив новостей](#)


- 13.12.2010 -

**Научный семинар "Суперкомпьютер СКИФ-Аврора"**


**25 ноября 2010 г. в Национальном исследовательском университете ЮУрГУ** проведен семинар "Суперкомпьютер СКИФ-Аврора", организованный центром компетенции ЮУрГУ-Intel в области высокопроизводительных компьютерных технологий для инженерного моделирования. На этом семинаре после модернизации был представлен инновационный энергоэффективный суперкомпьютер "СКИФ-Аврора ЮУрГУ". [Подробнее](#)



ЮУрГУ




НИУ ЮУрГУ  
ПИР-5



MaxMat

Кафедра  
«Системное  
программирование»



Суперкомпьютерный  
консорциум  
университетов России

Центр компетенции  
ЮУрГУ-Intel

Вход  
для сотрудников СКЦ  
(авторизованный  
доступ)



ИИИ  
МСКФ

Интернет | Защищенный режим: вкл. 100%

- Рейтинг-листы суперкомпьютеров
  - Мировой: TOP500 ([top500.org](http://top500.org))



- Российский: TOP50 ([supercomputers.ru](http://supercomputers.ru))



## Текущий рейтинг

16-ая редакция от 27.03.2012

N	Место	Кол-во CPU/ядер	Архитектура (тип процессора / сеть)	Производительность (Tflop/s)		Разработчик
				Linpack	Пиковая	
1	Москва <a href="#">Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова</a> 2011 г.	12422/82468	узлов: 4160 (2xXeon 5570 2.93 GHz 12 GB RAM) узлов: 777 (2xXeon E5630 [GPU: 2xTesla X2070] 2.53 GHz 12 GB RAM) узлов: 640 (2xXeon 5670 2.93 GHz 24 GB RAM) узлов: 288 (2xXeon E5630 [GPU: 2xTesla X2070] 2.53 GHz 24 GB RAM) узлов: 260 (2xXeon 5570 2.93 GHz 24 GB RAM) узлов: 40 (2xXeon 5670 2.93 GHz 48 GB RAM) узлов: 30 (2xPowerXCell 8i 3.2 GHz 16 GB RAM) узлов: 4 (4xXeon E7650 2.26 GHz 512 GB RAM) сеть: Infiniband QDR/Gigabit Ethernet/Gigabit Ethernet	872.50	1,700.21	T-Платформы
2	Москва <a href="#">ФГБУН Межведомственный суперкомпьютерный центр Российской академии наук</a> Российская академия наук 2009 г.	2370/13004	узлов: 990 (2xXeon E5450 3 GHz 8.192 GB RAM) узлов: 192 (2xXeon 5365 3 GHz 8.192 GB RAM) узлов: 74 (2xXeon X5670 2.93 GHz 12,288 GB RAM) узлов: 19 (2xXeon X5675 [GPU: 8xTesla M2090] 3 GHz 196.608 GB RAM) сеть: Infiniband 4x DDR/2xGigabit Ethernet/Gigabit Ethernet	119.93	227.84	Hewlett-Packard
3	Москва <a href="#">РНИЦ Курчатовский институт</a> 2010 г.	2576/10304	узлы: (Xeon E5472 3 GHz) сеть: Infiniband 4x DDR/Gigabit Ethernet/Gigabit Ethernet	101.21	123.65	Hewlett-Packard
4	Челябинск <a href="#">Южно-Уральский государственный университет</a> 2010 г.	1472/8832	СКИФ ряд 4 Xeon X5680 3.33 GHz сеть: Трехмерный тор 60 Gbits, макс. задержка 1 мкс, InfiniBand QDR 40 Gbits	100.35	117.64	Группа компаний РСК
5	Екатеринбург <a href="#">Институт математики и механики УрО РАН</a> 2011 г.	476/5544	узлов: 192 (2xXeon E5450 3 GHz 16 GB RAM) узлов: 20 (2xXeon X5675 GPU 8xTesla M2050 3.06 GHz 48 GB RAM) узлов: 16 (2xXeon E5450 3 GHz 32 GB RAM) узлов: 10 (2xXeon X5675 GPU 8xTesla M2090 3.06 GHz 192 GB RAM) сеть: Infiniband 4x DDR/Gigabit Ethernet/Gigabit Ethernet	75.20	160.00	Hewlett-Packard, Открытые технологии
6	Москва <a href="#">НИЦ "Курчатовский институт"</a> 2011 г.	152/4104	узлов: 76 (5xXeon X5650 [GPU: 3xTesla M2070] 2.67 GHz 43.008 GB RAM) сеть: Gigabit Ethernet/QDR Infiniband/Fast Ethernet	68.67	127.16	Hewlett-Packard
7	Web Content Provider	2004/12024	узлов: 1002 (2xXeon E5645 2.4 GHz) сеть: Gigabit Ethernet	59.90	115.43	Hewlett-Packard
8	Нижний Новгород Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского 2011 г.	120/3040	узлов: 50 (2xSandy Bridge E5-2660 [GPU: 2xTesla M2090] 2.2 GHz 65.536 GB RAM) узлов: 10 (2xSandy Bridge E5-2660 [GPU: 3xTesla M2090] 2.2 GHz 65.536 GB RAM) сеть: QDR Infiniband/Gigabit Ethernet/Gigabit Ethernet	51.86	103.31	Ниагара Компьютерс, Supermicro

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ  
КОМПЛЕКСЫ ЛЮБОЙ  
СЛОЖНОСТИ  
ПОД ВАШИ ЗАДАЧИ



### Организаторы рейтинга



Научно-исследовательский  
вычислительный центр МГУ



Межведомственный  
Суперкомпьютерный  
Центр РАН

Home ▶ Lists ▶ June 2012

### TOP500 List - June 2012 (1-100)

**R<sub>max</sub>** and **R<sub>peak</sub>** values are in TFlops. For more details about other fields, check the [TOP500 description](#).

Power data in KW for entire system

[next](#)

Rank	Site	Computer/Year Vendor	Cores	R <sub>max</sub>	R <sub>peak</sub>	Power
1	<a href="#">DOE/NNSA/LLNL United States</a>	<b>Sequoia</b> - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60 GHz, Custom / 2011 IBM	1572864	16324.75	20132.66	7890.0
2	<a href="#">RIKEN Advanced Institute for Computational Science (AICS) Japan</a>	<b>K computer</b> , SPARC64 VIIIfx 2.0GHz, Tofu interconnect / 2011 Fujitsu	705024	10510.00	11280.38	12659.9
3	<a href="#">DOE/SC/Argonne National Laboratory United States</a>	<b>Mira</b> - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60GHz, Custom / 2012 IBM	786432	8162.38	10066.33	3945.0
4	<a href="#">Leibniz Rechenzentrum Germany</a>	<b>SuperMUC</b> - iDataPlex DX360M4, Xeon E5-2680 8C 2.70GHz, Infiniband FDR / 2012 IBM	147456	2897.00	3185.05	3422.7
5	<a href="#">National Supercomputing Center in Tianjin China</a>	<b>Tianhe-1A</b> - NUDT YH MPP, Xeon X5670 6C 2.93 GHz, NVIDIA 2050 / 2010 NUDT	186368	2566.00	4701.00	4040.0
6	<a href="#">DOE/SC/Oak Ridge National Laboratory United States</a>	<b>Jaguar</b> - Cray XK6, Opteron 6274 16C 2.200GHz, Cray Gemini interconnect, NVIDIA 2090 / 2009 Cray Inc.	298592	1941.00	2627.61	5142.0
7	<a href="#">CINECA Italy</a>	<b>Fermi</b> - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60GHz, Custom / 2012 IBM	163840	1725.49	2097.15	821.9
8	<a href="#">Forschungszentrum Juelich (FZJ) Germany</a>	<b>JuQUEEN</b> - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60GHz, Custom / 2012 IBM	131072	1380.39	1677.72	657.5
9	<a href="#">CEA/GCC-GENCI France</a>	<b>Curie thin nodes</b> - Bullx B510, Xeon E5-2680 8C 2.700GHz, Infiniband QDR / 2012 Bull	77184	1359.00	1667.17	2251.0
10	<a href="#">National Supercomputing Centre in Shenzhen (NSCS) China</a>	<b>Nebulae</b> - Dawning TC3600 Blade System, Xeon X5650 6C 2.66GHz, Infiniband QDR, NVIDIA 2050 / 2010 Dawning	120640	1271.00	2984.30	2580.0

Суперкомпьютер "СКИФ-Аврора ЮУрГУ" занял 87 место в 37-ой редакции рейтинга TOP500 (июнь 2011).

Суперкомпьютер "СКИФ-Аврора ЮУрГУ" занял 185 место в 39-ой редакции рейтинга TOP500 (июнь 2012).

11	NASA/Ames Research Center/NAS United States	<b>Pleiades</b> - SGI Altix ICE X/8200EX /8400EX, Xeon 54xx 3.0/5570 /5670/E5-2670 2.93/2.6/3.06/3.0 Ghz, Infiniband QDR/FDR / 2011 SGI	125980	1243.00	1731.84	3987.0
12	International Fusion Energy Research Centre (IFERC), EU(F4E) - Japan Broader Approach collaboration Japan	<b>Helios</b> - Bullx B510, Xeon E5-2680 8C 2.700GHz, Infiniband QDR / 2011 Bull	70560	1237.00	1524.10	2200.0
13	Science and Technology Facilities Council - Daresbury Laboratory United Kingdom	<b>Blue Joule</b> - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60GHz, Custom / 2012 IBM	114688	1207.84	1468.01	575.3
14	GSIC Center, Tokyo Institute of Technology Japan	<b>TSUBAME 2.0</b> - HP ProLiant SL390s G7 Xeon 6C X5670, Nvidia GPU, Linux/Windows / 2010 NEC/HP	73278	1192.00	2287.63	1398.6
15	DOE/NNSA/LANL/SNL United States	<b>Cielo</b> - Cray XE6, Opteron 6136 8C 2.40GHz, Custom / 2011 Cray Inc.	142272	1110.00	1365.81	3980.0
16	DOE/SC/LBNL/NERSC United States	<b>Hopper</b> - Cray XE6, Opteron 6172 12C 2.10GHz, Custom / 2010 Cray Inc.	153408	1054.00	1288.63	2910.0
17	Commissariat a l'Energie Atomique (CEA) France	<b>Tera-100</b> - Bull bullx super-node S6010/S6030 / 2010 Bull	138368	1050.00	1254.55	4590.0
18	Information Technology Center, The University of Tokyo Japan	<b>Oakleaf-FX</b> - PRIMEHPC FX10, SPARC64 IXfx 16C 1.848GHz, Tofu interconnect / 2012 Fujitsu	76800	1043.00	1135.41	1176.8
19	DOE/NNSA/LANL United States	<b>Roadrunner</b> - BladeCenter QS22/LS21 Cluster, PowerXCell 8i 3.2 Ghz / Opteron DC 1.8 GHz, Voltaire Infiniband / 2009 IBM	122400	1042.00	1375.78	2345.0
20	University of Edinburgh United Kingdom	<b>DiRAC</b> - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60GHz, Custom / 2012 IBM	98304	1035.30	1258.29	493.1
21	National Institute for Computational Sciences/University of Tennessee United States	<b>Kraken XT5</b> - Cray XT5-HE Opteron Six Core 2.6 GHz / 2011 Cray Inc.	112800	919.10	1173.00	3090.0
22	Moscow State University - Research Computing Center Russia	<b>Lomonosov</b> - T-Platforms T-Blade2/1.1, Xeon X5570/X5670/E5630 2.93/2.53 GHz, Nvidia 2070 GPU, PowerXCell 8i Infiniband QDR / 2011 T-Platforms	78660	901.90	1700.21	2800.0
23	IBM Development Engineering United States	<b>DARPA Trial Subset</b> - Power 775, POWER7 8C 3.836GHz, Custom / 2012 IBM	39680	886.40	1217.70	2429.0
24	HWW/Universitaet Stuttgart Germany	<b>HERMIT</b> - Cray XE6, Opteron 6276 16C 2.30 GHz, Cray Gemini interconnect / 2011 Cray Inc.	113472	831.40	1043.94	
25	Forschungszentrum Juelich (FZJ) Germany	<b>JUGENE</b> - Blue Gene/P Solution / 2009 IBM	294912	825.50	1002.70	2268.0

26	National Supercomputing Center in Jinan China	<b>Sunway Blue Light</b> - Sunway BlueLight MPP, ShenWei processor SW1600 975.00 MHz, Infiniband QDR / 2011 NRCP CET	137200	795.90	1070.16	1074.0
27	Lawrence Livermore National Laboratory United States	<b>Zin</b> - Xtreme-X GreenBlade GB512X, Xeon E5 (Sandy Bridge - EP) 8C 2.60GHz, Infiniband QDR / 2011 Appro	46208	773.70	961.13	924.2
28	National Super Computer Center in Hunan China	<b>Tianhe-1A Hunan Solution</b> - NUDT YH MPP, Xeon X5670 6C 2.93 GHz, Proprietary, NVIDIA 2050 / 2011 NUDT	53248	771.70	1342.75	1155.1
29	EDF R&D France	<b>Zumbrota</b> - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60GHz, Custom / 2012 IBM	65536	690.20	838.86	328.8
30	IDRIS/GENCI France	BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60GHz, Custom / 2012 IBM	65536	690.20	838.86	328.8
31	Victorian Life Sciences Computation Initiative Australia	<b>Avoca</b> - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60GHz, Custom / 2012 IBM	65536	690.20	838.86	328.8
32	University of Edinburgh United Kingdom	<b>HECToR</b> - Cray XE6, Opteron 6276 16C 2.30 GHz, Cray Gemini interconnect / 2011 Cray Inc.	90112	660.24	829.03	
33	NOAA/Oak Ridge National Laboratory United States	<b>Gaea C2</b> - Cray XE6, Opteron 6276 16C 2.30GHz, Cray Gemini interconnect / 2011 Cray Inc.	77824	565.70	715.98	972.0
34	ECMWF United Kingdom	Power 775, POWER7 8C 3.84 GHz, Custom / 2011 IBM	24576	549.00	754.19	1504.4
35	ECMWF United Kingdom	Power 775, POWER7 8C 3.83GHz, Custom / 2011 IBM	24576	549.00	754.19	1504.4
36	High Energy Accelerator Research Organization /KEK Japan	BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60GHz, Custom / 2012 IBM	49152	517.65	629.15	246.6
37	Institute of Process Engineering, Chinese Academy of Sciences China	<b>Mole-8.5</b> - Mole-8.5 Cluster, Xeon X5520 4C 2.27 GHz, Infiniband QDR, NVIDIA 2050 / 2011 IPE, Nvidia, Tyan	29440	496.50	1012.65	540.0
38	DOE/SC/Argonne National Laboratory United States	<b>Intrepid</b> - Blue Gene/P Solution / 2007 IBM	163840	458.61	557.06	1260.0
39	Sandia National Laboratories / National Renewable Energy Laboratory United States	<b>Red Sky</b> - Sun Blade x6275, Xeon X55xx 2.93 Ghz, Infiniband / 2010 Sun	42440	433.50	497.40	
40	Texas Advanced Computing Center/Univ. of Texas United States	<b>Ranger</b> - SunBlade x6420, Opteron QC 2.3 Ghz, Infiniband / 2008 Sun	62976	433.20	579.38	2000.0
41	Center for Computational Sciences, University of Tsukuba Japan	<b>HA-PACS</b> - Xtream-X GreenBlade 8204, Xeon E5-2670 8C 2.600GHz, Infiniband QDR, NVIDIA 2090 / 2012	20800	421.60	778.13	407.3

42	DOE/NNSA/LLNL United States	<b>Dawn</b> - Blue Gene/P Solution / 2009 IBM	147456	415.70	501.35	1134.0
43	United Kingdom Meteorological Office United Kingdom	Power 775, POWER7 8C 3.836GHz, Custom / 2011 IBM	18432	411.75	565.64	1128.3
44	Norwegian University of Science and Technology Norway	SGI Altix X, Xeon E5-2670 8C 2.600GHz, Infiniband FDR / 2012 SGI	22048	396.70	458.60	537.0
45	Bull France	<b>Bull Benchmarks SuperComputer II</b> - Bullx B510, Xeon E5 (Sandy Bridge - EP) 8C 2.70GHz, Infiniband QDR / 2011 Bull	20480	360.87	442.37	
46	Lawrence Livermore National Laboratory United States	<b>Cab</b> - Xtreme-X , Xeon E5-2670 8C 2.600GHz, Infiniband QDR / 2012 Appro	20480	347.40	425.98	
47	Los Alamos National Laboratory United States	<b>Luna</b> - Xtreme-X GreenBlade GB512X, Xeon E5-2670 8C 2.600GHz, Infiniband QDR / 2011 Appro	20480	347.40	425.98	448.0
48	DOE/NNSA/LLNL United States	<b>Vulcan</b> - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60GHz, Custom / 2012 IBM	32768	345.10	419.43	164.4
49	IBM - Rochester United States	BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60 GHz, Custom / 2011 IBM	32768	345.10	419.43	164.4
50	IBM - Rochester United States	BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60 GHz, Custom / 2011 IBM	32768	345.10	419.43	164.4
51	United Kingdom Meteorological Office United Kingdom	Power 775, POWER7 8C 3.84 GHz, Custom / 2011 IBM	15360	343.12	471.37	940.3
52	Sandia National Laboratories United States	<b>Pecos</b> - Xtreme-X , Xeon E5-2670 8C 2.600GHz, Infiniband QDR / 2012 Appro	19712	336.80	410.01	421.2
53	Air Force Research Laboratory - ARFL DSRC United States	<b>Raptor</b> - Cray XE6 8-core 2.4 GHz / 2010 Cray Inc.	42712	336.30	410.04	
54	Sandia National Laboratories United States	<b>Chama</b> - Xtreme-X GreenBlade GB512X, Xeon E5-2670 8C 2.600GHz, Infiniband QDR / 2011 Appro	19680	332.00	409.34	453.6
55	Korea Meteorological Administration Korea, South	<b>Haedam</b> - Cray XE6 12-core 2.1 GHz / 2010 Cray Inc.	45120	316.40	379.01	1711.6
56	Korea Meteorological Administration Korea, South	<b>Haeon</b> - Cray XE6 12-core 2.1 GHz / 2010 Cray Inc.	45120	316.40	379.01	1711.6
57	Swiss Scientific Computing Center (CSCS) Switzerland	<b>Monte Rosa</b> - Cray XE6, Opteron 6272 16C 2.10 GHz, Cray Gemini interconnect / 2011 Cray Inc.	47840	316.20	401.86	780.0
58	CSIR Centre for Mathematical Modelling and Computer Simulation India	Cluster Platform 3000 BL460c Gen8, Xeon E5-2670 8C 2.60GHz, Infiniband FDR / 2012 HP	17344	303.90	360.76	386.6

175	IBM Development Engineering United States	iDataPlex DX360M3, Xeon X5670 6C 2.93 GHz, Infiniband QDR / 2011 IBM	10128	104.76	118.70	316.5
176	Financial Services (H) United States	iDataPlex DX360M3, Xeon E5649 6C 2.53 GHz, Gigabit Ethernet / 2011 IBM	18576	104.68	187.99	534.1
177	Barcelona Supercomputing Center Spain	Bullx B505, Xeon E5649 6C 2.53GHz, Infiniband QDR, NVIDIA 2090 / 2011 Bull	5544	103.20	182.88	81.5
178	Computer Network Information Center, Chinese Academy of Science China	DeepComp 7000, HS21/x3950 Cluster, Xeon QC HT 3 GHz/2.93 GHz, Infiniband / 2008 Lenovo	12216	102.80	145.97	
179	DOE/SC/Pacific Northwest National Laboratory United States	<b>Olympus</b> - Atipa Cluster, Opteron 6272 16C 2.100GHz, Infiniband QDR / 2012 Atipa	19200	102.20	161.28	
180	Lawrence Livermore National Laboratory United States	<b>Hera</b> - Appro Xtreme-X3 Server - Quad Opteron Quad Core 2.3 GHz, Infiniband / 2009 Appro	13552	102.20	127.20	
181	Information Technology Center, The University of Tokyo Japan	<b>T2K Open Supercomputer (Todai Combined Cluster)</b> - Hitachi opteron QC 2.3 GHz Myrinet 10G / 2009 Hitachi	15104	101.74	138.96	831.0
182	Kurchatov Institute Moscow Russia	Cluster Platform 3000 BL 2x220, Xeon E5450 4C 3.000GHz, Infiniband QDR / 2010 HP	10304	101.21	123.65	
183	University of Tokyo/Human Genome Center, IMS Japan	HA8000-tc/HT225, Opteron 6276 16C 2.300GHz, Infiniband QDR / 2012 Hitachi	16128	100.60	148.38	
184	Lawrence Livermore National Laboratory United States	<b>Edge</b> - Appro GreenBlade Cluster, Xeon X5660 6C 2.80 GHz, Infiniband QDR, NVIDIA 2050 / 2010 Appro	8240	100.50	239.87	
185	South Ural State University Russia	<b>SKIF Aurora</b> - SKIF Aurora Platform - Intel Xeon X5680, Infiniband QDR / 2011 RSC SKIF	8832	100.40	117.00	
186	Network Company China	BladeCenter HS22 Cluster (WM), Xeon E5649 6C 2.53 GHz, Gigabit Ethernet / 2011 IBM	17808	100.35	180.22	454.2
187	Max-Planck-Gesellschaft MPI/IPP Germany	<b>VIP</b> - Power 575, p6 4.7 GHz, Infiniband / 2009 IBM	6848	98.42	128.74	1095.0
188	Internet Service China	xSeries x3650M2 Cluster, Xeon QC E55xx 2.53 Ghz, GigE / 2011 IBM	17344	97.96	175.52	526.1
189	Internet Service China	xSeries x3650M2 Cluster, Xeon QC E55xx 2.53 Ghz, GigE / 2011 IBM	17344	97.96	175.52	526.1
190	Institute of Physical and Chemical Res. (RIKEN) Japan	RIKEN Intergrated Cluster of Clusters, Xeon X5570 2.93GHz, Infiniband DDR / 2009 Fujitsu	9048	97.94	106.04	
191	Government Sweden	Cluster Platform 3000 BL2x220, L56xx 2.26 Ghz, Infiniband / 2011 HP	17280	97.50	156.21	
192	Web Company (F) United States	Cluster Platform SL170s, Xeon X5650 6C 2.66GHz, Gigabit Ethernet / 2012	18000	97.10	191.52	



79	Total Exploration Production France	SGI Altix ICE 8200EX, Xeon quad core 3.0 GHz / 2008 SGI	10240	106.10	122.88	442.00
80	Lawrence Livermore National Laboratory United States	Muir - Dell Xanadu 3 Cluster, Xeon X5660 2.8 Ghz, QLogic InfiniBand QDR / 2010 Dell	15000	105.90	168.00	
81	Cyfronet Poland	Zeus - Cluster Platform 3000 BL2x220, L56xx 2.26 Ghz, Infiniband / 2011 Hewlett-Packard	11694	104.77	124.42	
82	Computer Network Information Center, Chinese Academy of Science China	DeepComp 7000, HS21/x3950 Cluster, Xeon QC HT 3 GHz/2.93 GHz, Infiniband / 2008 Lenovo	12216	102.80	145.97	
83	Lawrence Livermore National Laboratory United States	Hera - Appro Xtreme-X3 Server - Quad Opteron Quad Core 2.3 GHz, Infiniband / 2009 Appro International	13552	102.20	127.20	
84	Information Technology Center, The University of Tokyo Japan	T2K Open Supercomputer (Todai Combined Cluster) - Hitachi opteron QC 2.3 GHz Myrinet 10G / 2009 Hitachi	15104	101.74	138.96	831.50
85	Kurchatov Institute Moscow Russia	Cluster Platform 3000 BL2x220, E54xx 3.0 Ghz, Infiniband / 2010 Hewlett-Packard	10304	101.21	123.65	
86	Lawrence Livermore National Laboratory United States	Edge - Appro GreenBlade Cluster Xeon X5660 2.8Ghz, nVIDIA M2050, Infiniband / 2010 Appro International	8240	100.50	239.87	745.00
87	South Ural State University Russia	SKIF Aurora - SKIF Aurora Platform - Intel Xeon X5680, Infiniband QDR / 2011 RSC SKIF	8832	100.40	117.00	
88	Max-Planck-Gesellschaft MPI/IPP Germany	VIP - Power 575, p6 4.7 GHz, Infiniband / 2009 IBM	6848	98.42	128.74	1095.00
89	Institute of Physical and Chemical Res. (RIKEN) Japan	RIKEN Intergrated Cluster of Clusters, Xeon X5570 2.93GHz, Infiniband DDR / 2009 Fujitsu	9048	97.94	106.04	
90	Government Sweden	Cluster Platform 3000 BL2x220, L56xx 2.26 Ghz, Infiniband / 2011 Hewlett-Packard	17280	97.50	156.21	
91	DOE/SC/Pacific Northwest National Laboratory United States	Chinook - Cluster Platform 4000 DL185G5, Opteron QC 2.2 GHz, Infiniband DDR / 2008 Hewlett-Packard	18176	97.07	159.95	
92	Naval Oceanographic Office - NAVO DSRC United States	Cray XT5 QC 2.4 GHz / 2011 Cray Inc.	12720	96.55	122.11	588.90
93	EDF R&D France	Frontier2 BG/L - Blue Gene/P Solution / 2008 IBM	32768	95.45	111.41	252.00
94	University of Edinburgh United Kingdom	HECToR - Cray XT4, 2.3 GHz / 2009 Cray Inc.	12288	95.08	113.05	
95	IT Service Provider Germany	Cluster Platform 3000 BL2x220, E54xx 3.0 Ghz, Infiniband / 2009 Hewlett-Packard	10240	94.74	122.88	

# Заключение

- Основные пути достижения параллелизма
  - Независимое функционирование отдельных устройств компьютера
  - Избыточность элементов вычислительной системы
  - Конвейерная реализация обрабатывающих устройств
  - Параллельный режим выполнения программы на многопроцессорной вычислительной системе
- Суперкомпьютер – вычислительная система, обладающая предельными характеристиками по производительности среди компьютерных систем, имеющихся в данное время.
  - Флопс – мера производительности суперкомпьютеров.
  - TOP500 и TOP50 – рейтинг-листы суперкомпьютеров.
  - В настоящее время подавляющее большинство суперкомпьютеров имеют кластерную архитектуру.