

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова
Международная Летняя Суперкомпьютерная Академия

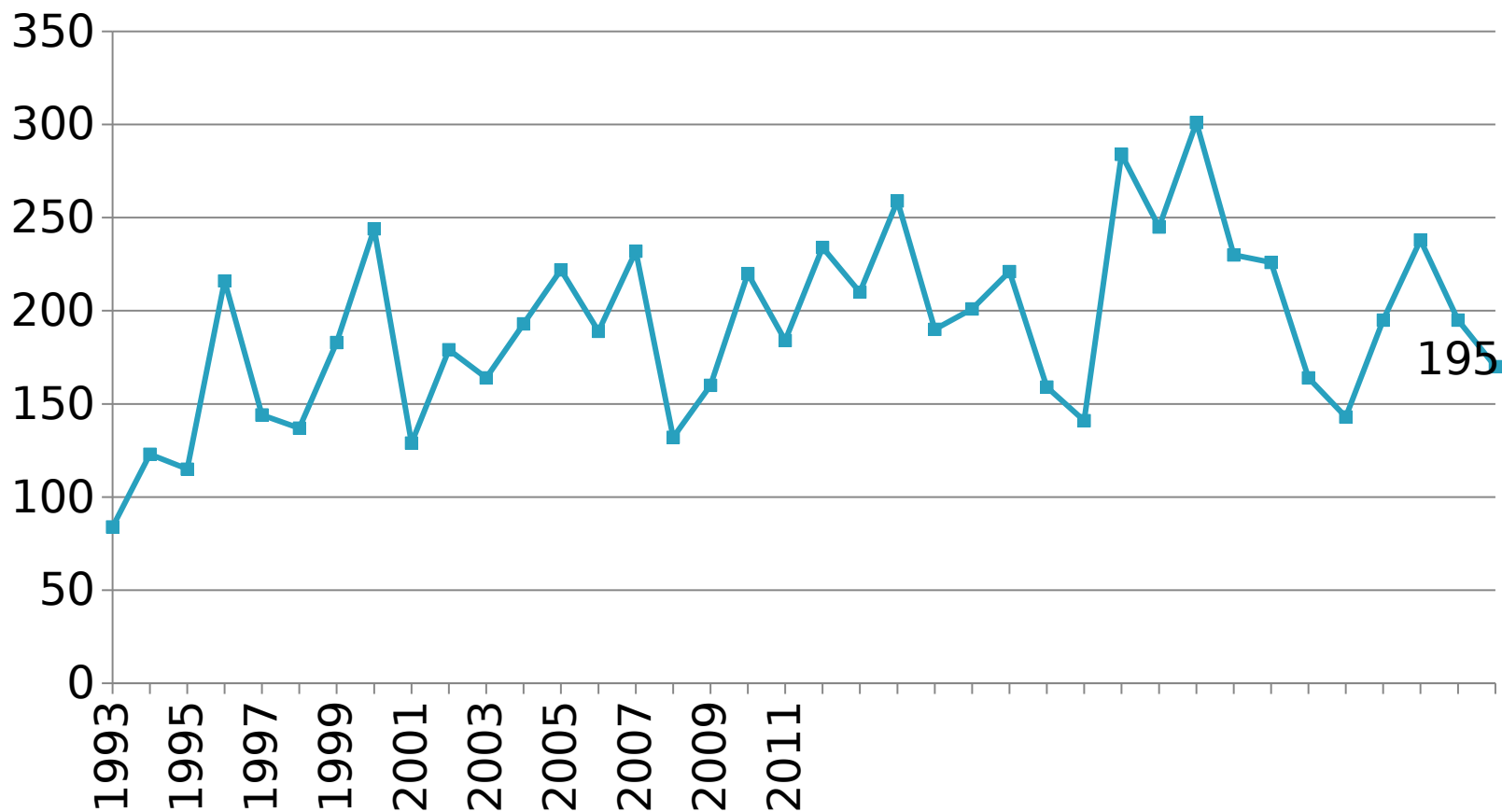
Проблемы экзафлопсных вычислений

Воеводин Вл.В.
заместитель директора НИВЦ МГУ,
член-корреспондент РАН

voevodin@parallel.ru

26 июня 2012 г., Москва

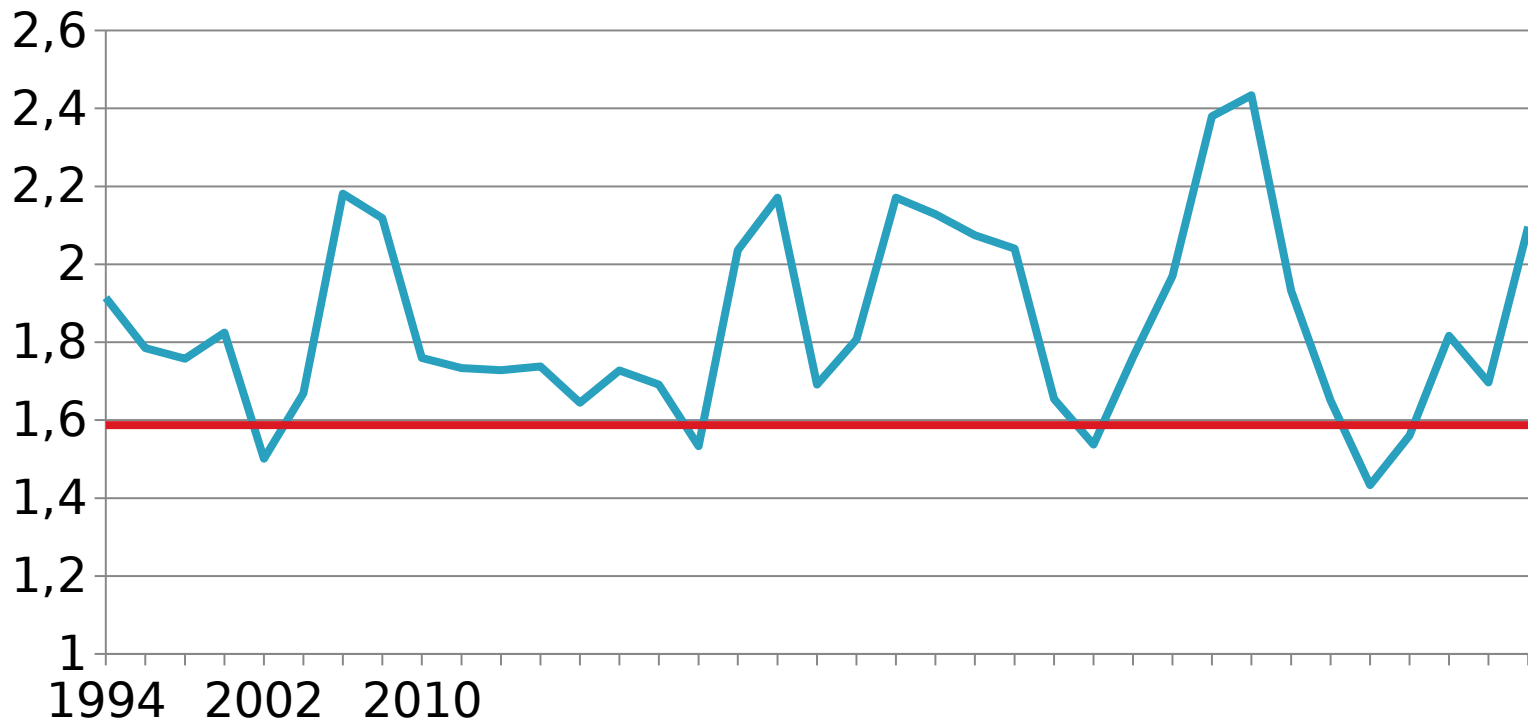
Обновление списка Top500



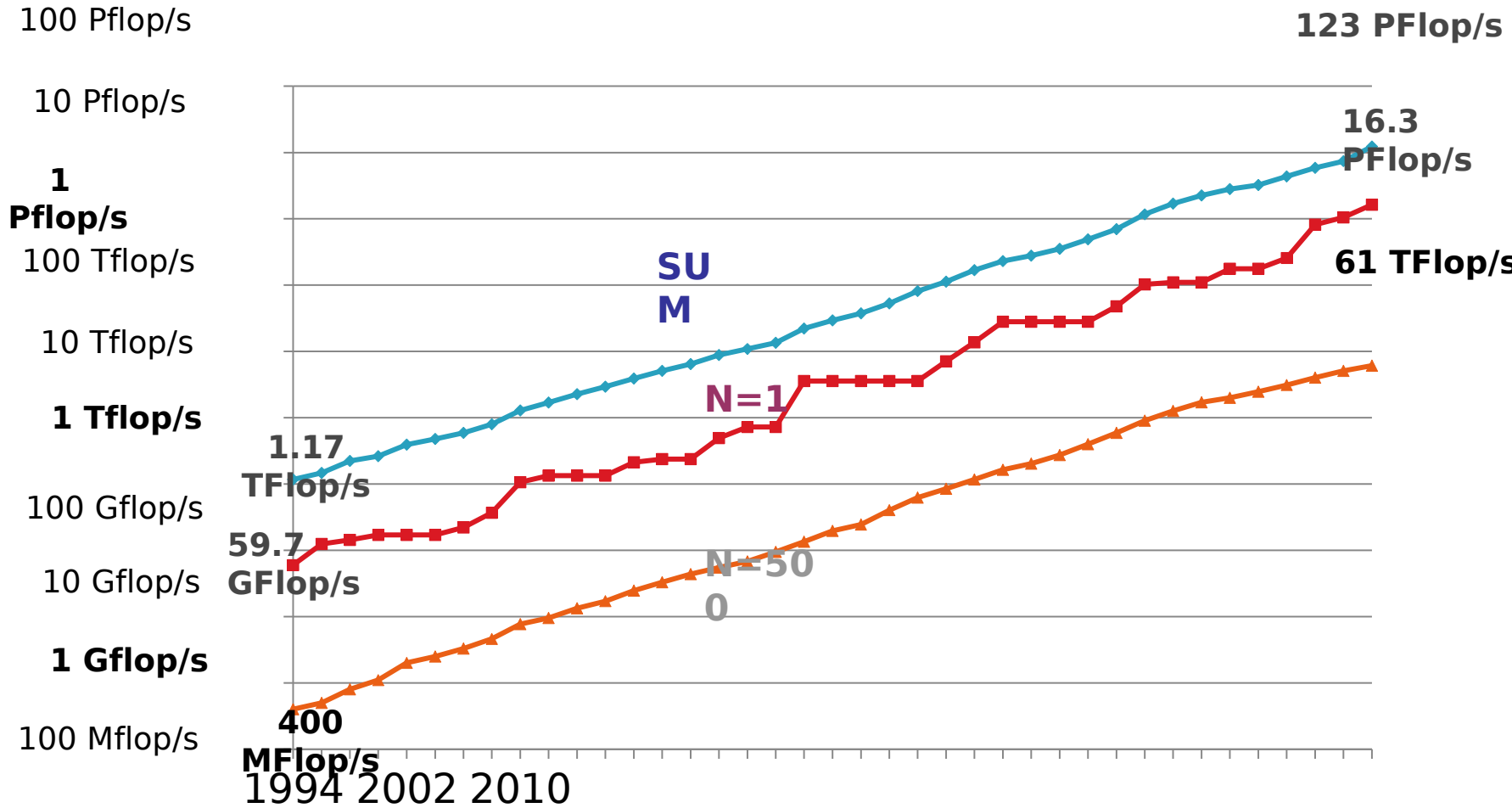
Top500 самых мощных...

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

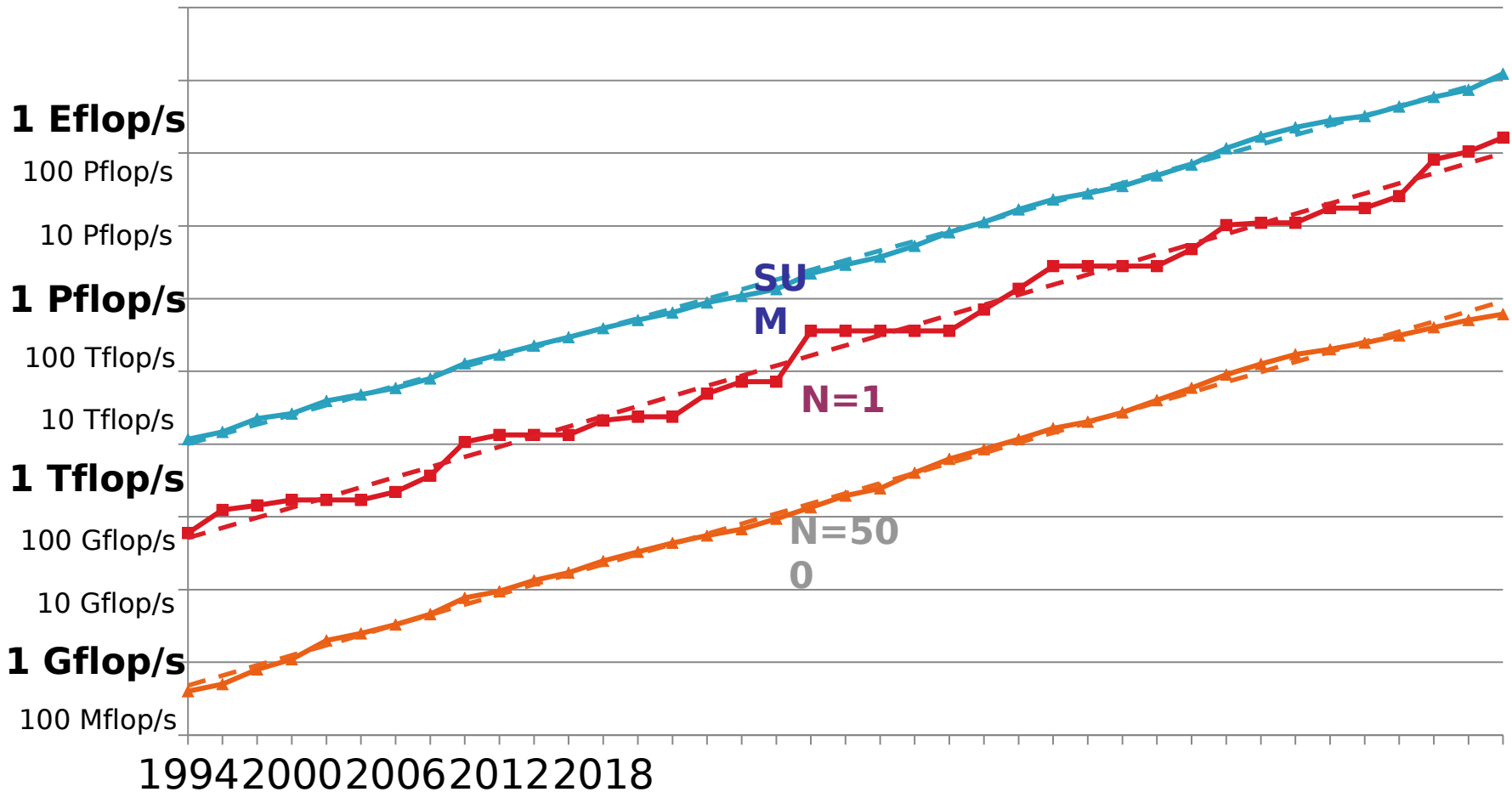
Ежегодный рост производительности систем списка TOP500



Рост производительности



Экстраполяция роста...



О чем нужно задуматься на пути к Exa...?

- *Степень параллельности*
- *Надежность*
- *Энергопотребление*
- *Модель программирования*
- *Неоднородность*
- *Сложная иерархия памяти*
- *Сверхпараллельный ввод/вывод*
- *Стек системного и прикладного ПО*
- *...*

О чем нужно задуматься на пути к Exa...?

- *Степень параллельности*
- *Надежность*
- *Энергопотребление*
- *Модель программирования*
- *Неоднородность*
- *Сложная иерархия памяти*
- *Сверхпараллельный ввод/вывод*
- *Стек системного и прикладного ПО*
- *...*

Top500 самых мощных...

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

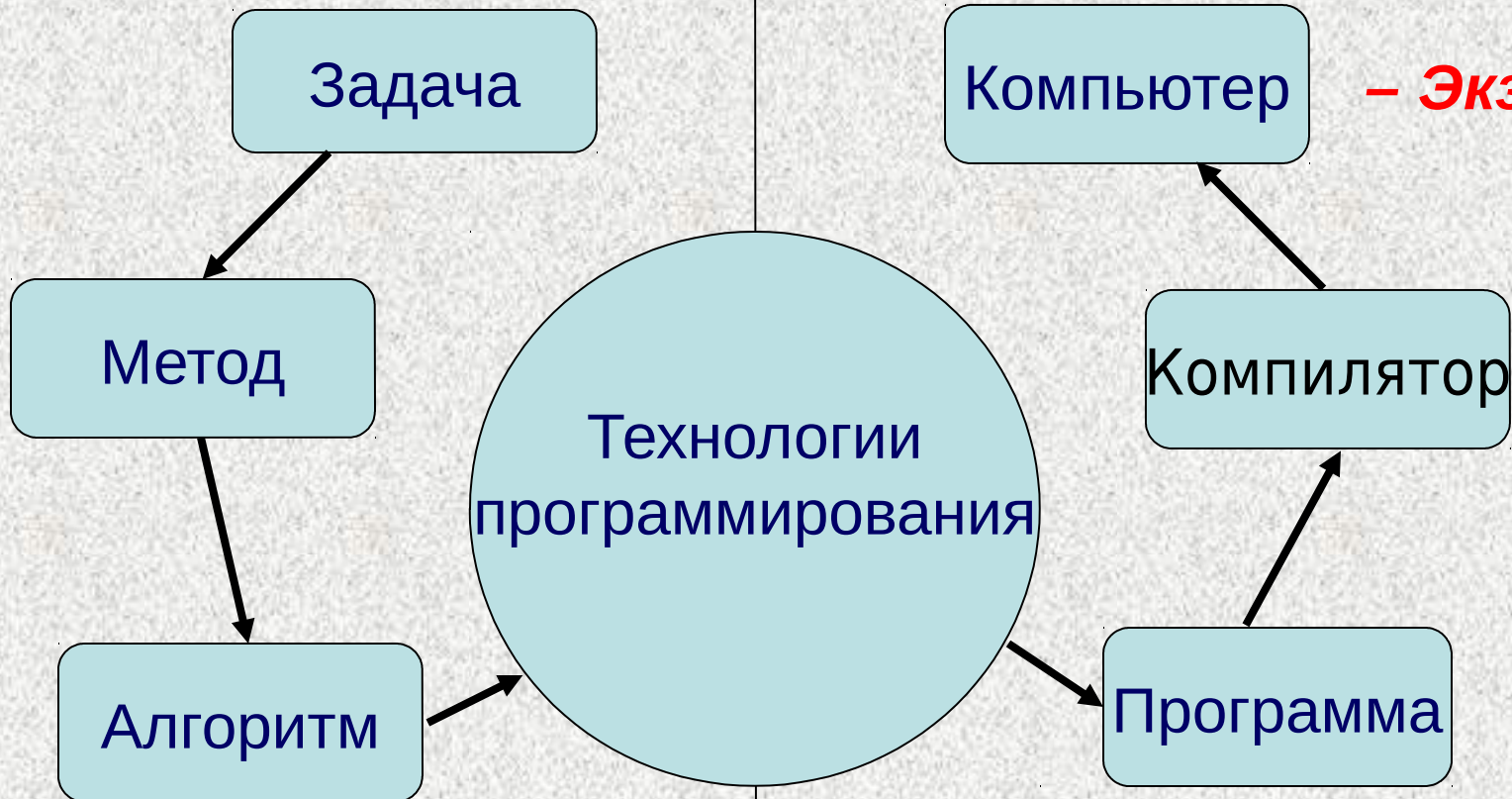
*Важно: сверхвысокая степень
параллелизма должна поддерживаться
на всех этапах решения задач!*



Решение задачи на компьютере

Предметная сторона

Компьютерная сторона



О чем нужно задуматься на пути к Exa...?

- Степень параллельности
- **Надежность**
- Энергопотребление
- Модель программирования
- Неоднородность
- Сложная иерархия памяти
- Сверхпараллельный ввод/вывод
- Стек системного и прикладного ПО
- ...

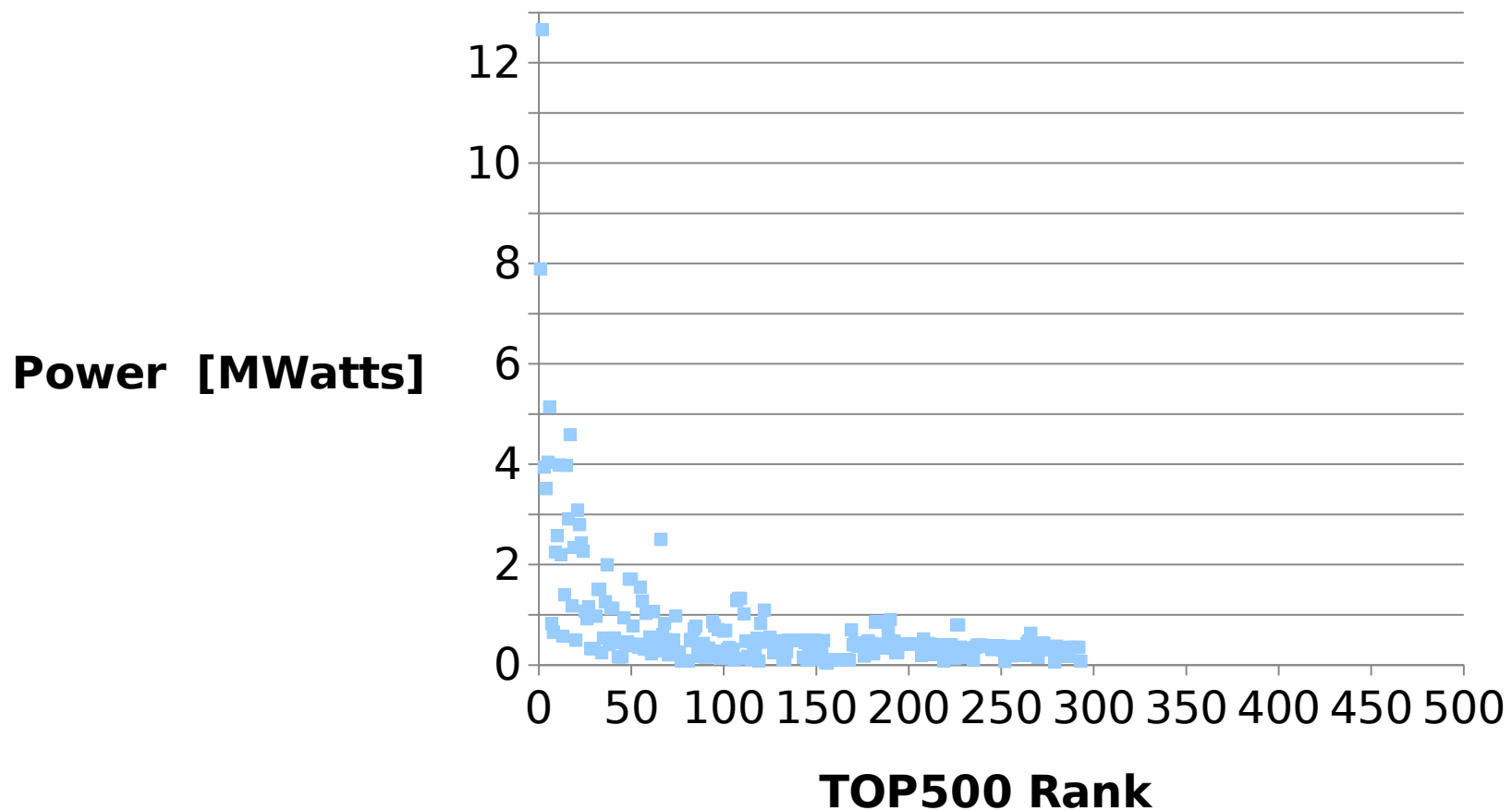
О чем нужно задуматься на пути к Exa...?

- Степень параллельности
- Надежность
- **Энергопотребление**
- Модель программирования
- Неоднородность
- Сложная иерархия памяти
- Сверхпараллельный ввод/вывод
- Стек системного и прикладного ПО
- ...

Top500 самых мощных...

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

Энергопотребление систем Top500



Лидеры по энергоэффективности

Computer	Rmax/ Power
BlueGene/Q , Power BQC 16C 1.60 GHz, Custom	2,214
Bullx B505, Xeon E5649 6C 2.53GHz, Infiniband QDR, NVIDIA 2090	1,266
Intel Cluster, Xeon E5-2670 8C 2.600GHz, Infiniband FDR, Intel MIC	1,177
Xtreme-X , Xeon E5-2670 8C 2.600GHz, Infiniband QDR, NVIDIA 2090	1,050
SuperServer 2026GT-TRF, Xeon E5645 6C 2.40GHz, Infiniband QDR, NVIDIA 2050	954
iDataPlex DX360M4, Xeon E5-2670 8C 2.600GHz, Infiniband FDR	933
Mole-8.5 Cluster, Xeon X5520 4C 2.27 GHz, Infiniband QDR, NVIDIA 2050	919
HP ProLiant SL390s G7 Xeon 6C X5660 2.8Ghz, nVidia Fermi , Infiniband QDR	902
PRIMEHPC FX10, SPARC64 IXfx 16C 1.848GHz, Tofu interconnect	886



О чем нужно задуматься на пути к Exa...?

- Степень параллельности
- Надежность
- Энергопотребление
- Модель программирования
- **Неоднородность**
- Сложная иерархия памяти
- Сверхпараллельный ввод/вывод
- Стек системного и прикладного ПО
- ...

Top500 самых мощных...

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

Суперкомпьютер МГУ “Ломоносов”



Суперкомпьютер МГУ “Ломоносов”



Суперкомпьютер МГУ “Ломоносов”



Всего в системе 10т гликоля и 40т воды

Суперкомпьютер МГУ “Ломоносов”



Суперкомпьютер МГУ “Ломоносов”



Суперкомпьютер МГУ “Ломоносов”



Суперкомпьютер МГУ “Ломоносов”

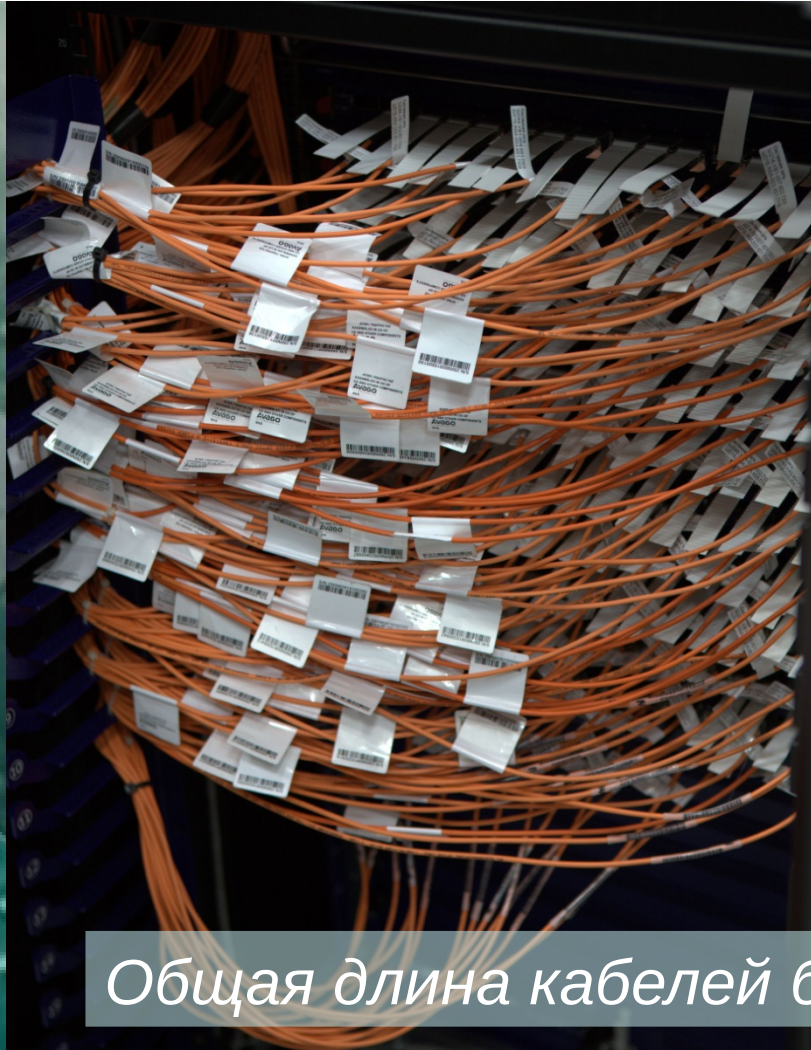


Суперкомпьютер МГУ “Ломоносов”



Вес оборудования машзала – 57 т, СБЭ – 92т

Суперкомпьютер МГУ “Ломоносов”

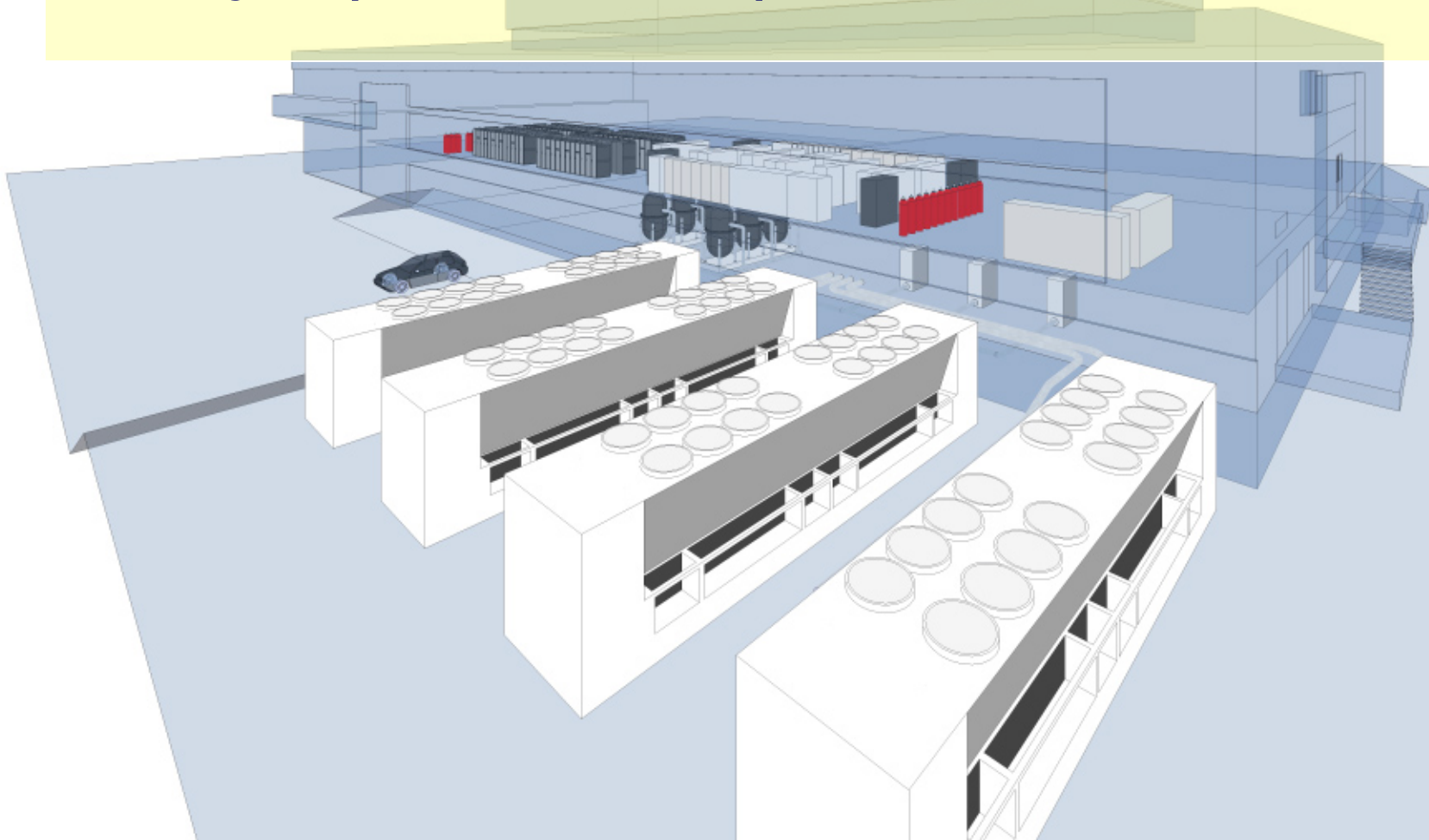


Общая длина кабелей более 80 км

Суперкомпьютер МГУ “Ломоносов”



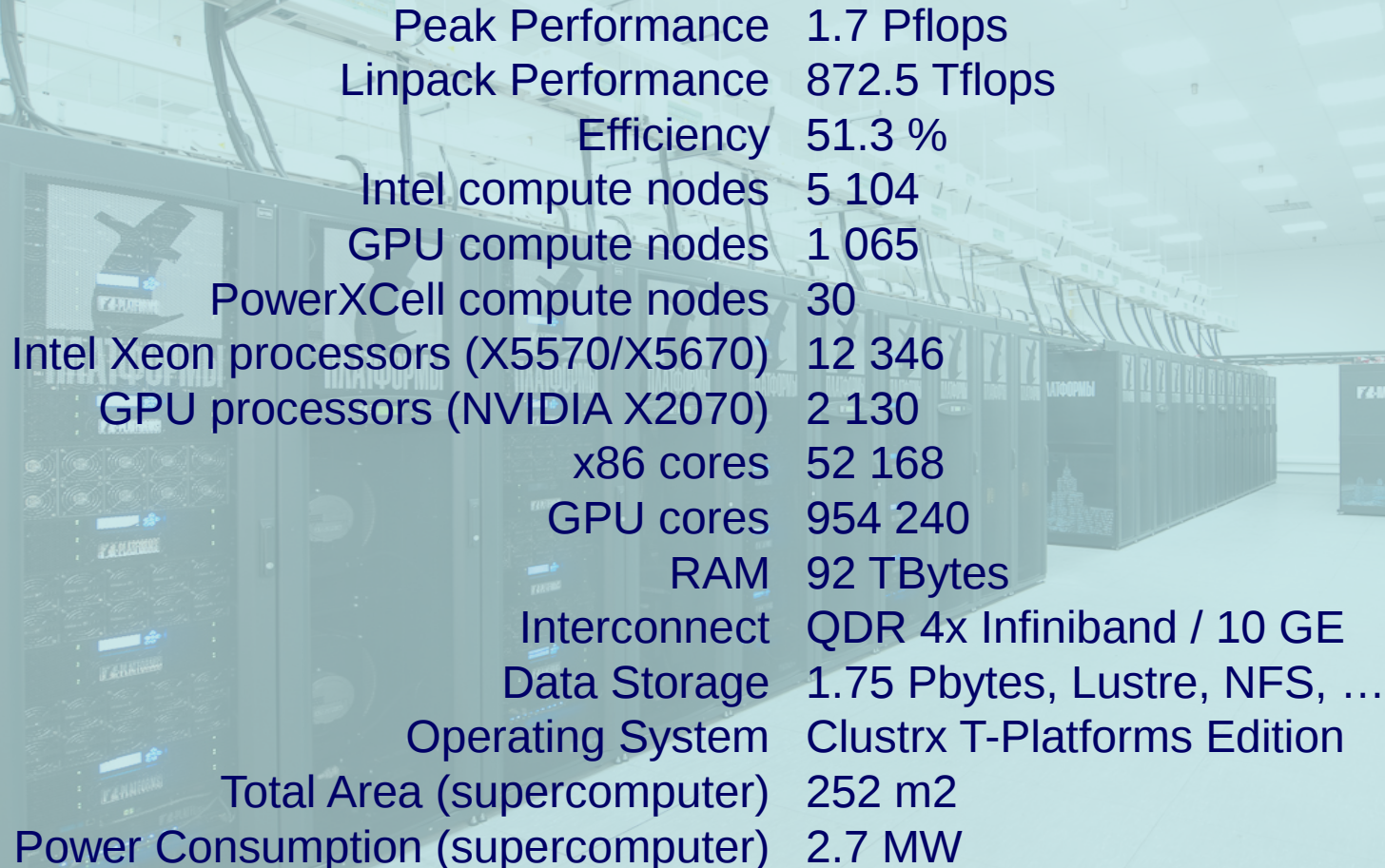
Суперкомпьютер МГУ “Ломоносов”



Суперкомпьютер МГУ “Ломоносов”, 2012



MSU "Lomonosov" supercomputer, 2012



Peak Performance	1.7 Pflops
Linpack Performance	872.5 Tflops
Efficiency	51.3 %
Intel compute nodes	5 104
GPU compute nodes	1 065
PowerXCell compute nodes	30
Intel Xeon processors (X5570/X5670)	12 346
GPU processors (NVIDIA X2070)	2 130
x86 cores	52 168
GPU cores	954 240
RAM	92 TBytes
Interconnect	QDR 4x Infiniband / 10 GE
Data Storage	1.75 Pbytes, Lustre, NFS, ...
Operating System	Clustrx T-Platforms Edition
Total Area (supercomputer)	252 m ²
Power Consumption (supercomputer)	2.7 MW

MSU "Lomonosov" supercomputer, 2012

(node types)

Node types	RAM per node	Quantity
2 x Xeon 5570 2.93 GHz	12 GB	4160
2 x Xeon 5570 2.93 GHz	24 GB	260
2 x Xeon 5670 2.93 GHz	24 GB	640
2 x Xeon 5670 2.93 GHz	48 GB	40
2 x PowerXCell 8i 3.2 GHz	16 GB	30
2 x Xeon E5630 2.53 GHz, 2 x Tesla X2070	12 GB	777
2 x Xeon E5630 2.53 GHz, 2 x Tesla X2070	24 GB	288
4 x Xeon E7650 2.26 GHz	512 GB	4

Суперкомпьютер МГУ “Ломоносов”, 2012 (степень неоднородности)

Intel Xeon / NVIDIA X2070

Intel Xeon 4-cores / Intel Xeon 6-cores

RAM size per core/node

no HDD / HDD / 2xHDD per node

SMP-nodes with extra-large RAM

О чем нужно задуматься на пути к Exa...?

- Степень параллельности
- Надежность
- Энергопотребление
- Модель программирования
- Неоднородность
- **Сложная иерархия памяти**
- Сверхпараллельный ввод/вывод
- Стек системного и прикладного ПО
- ...

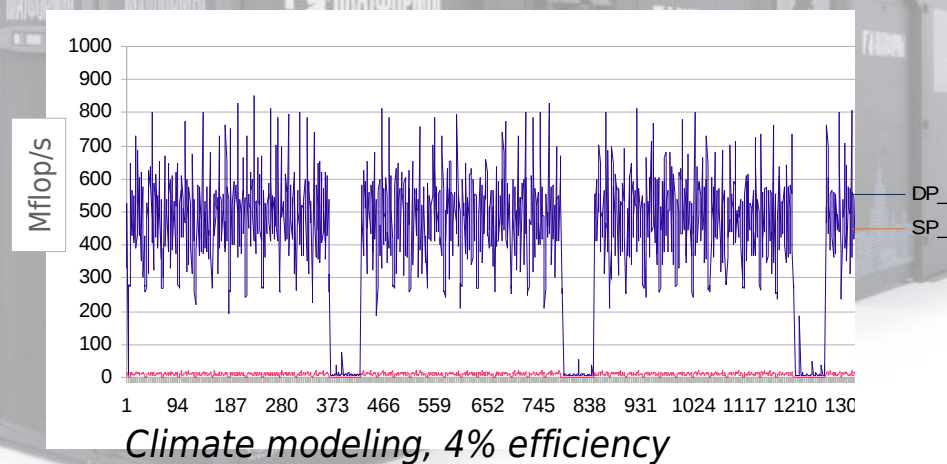
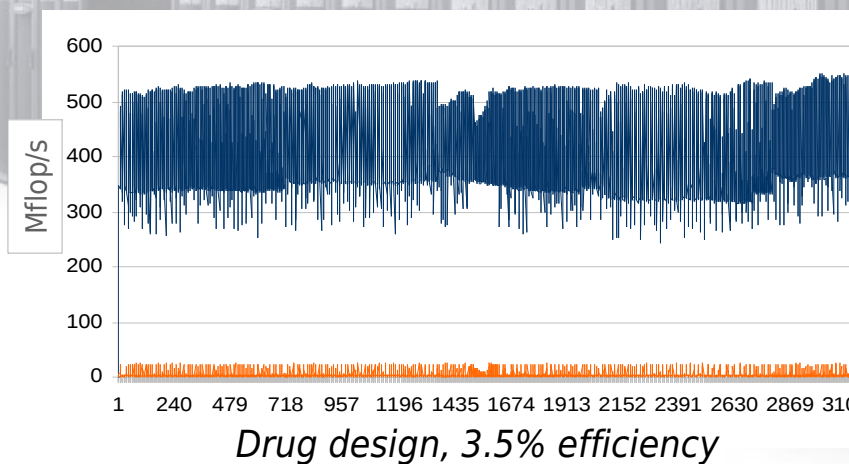
Эффективность суперкомпьютеров и суперкомпьютерных центров...

Что можно сказать об эффективности суперкомпьютерных центров?

1 Pflops system :

Ожидаем: $1\text{Pflop} * 60\text{sec} * 60\text{min} * 24\text{hours} * 365\text{days} = 31,5 \text{ ZettaFlop}$ за год

А что на практике? 0,0..x%



Почему? Особенности архитектуры, сложный поток задач, плохая локальность данных, огромная степень параллелизма и т.п...

Эффективность работы компьютера. Что это?

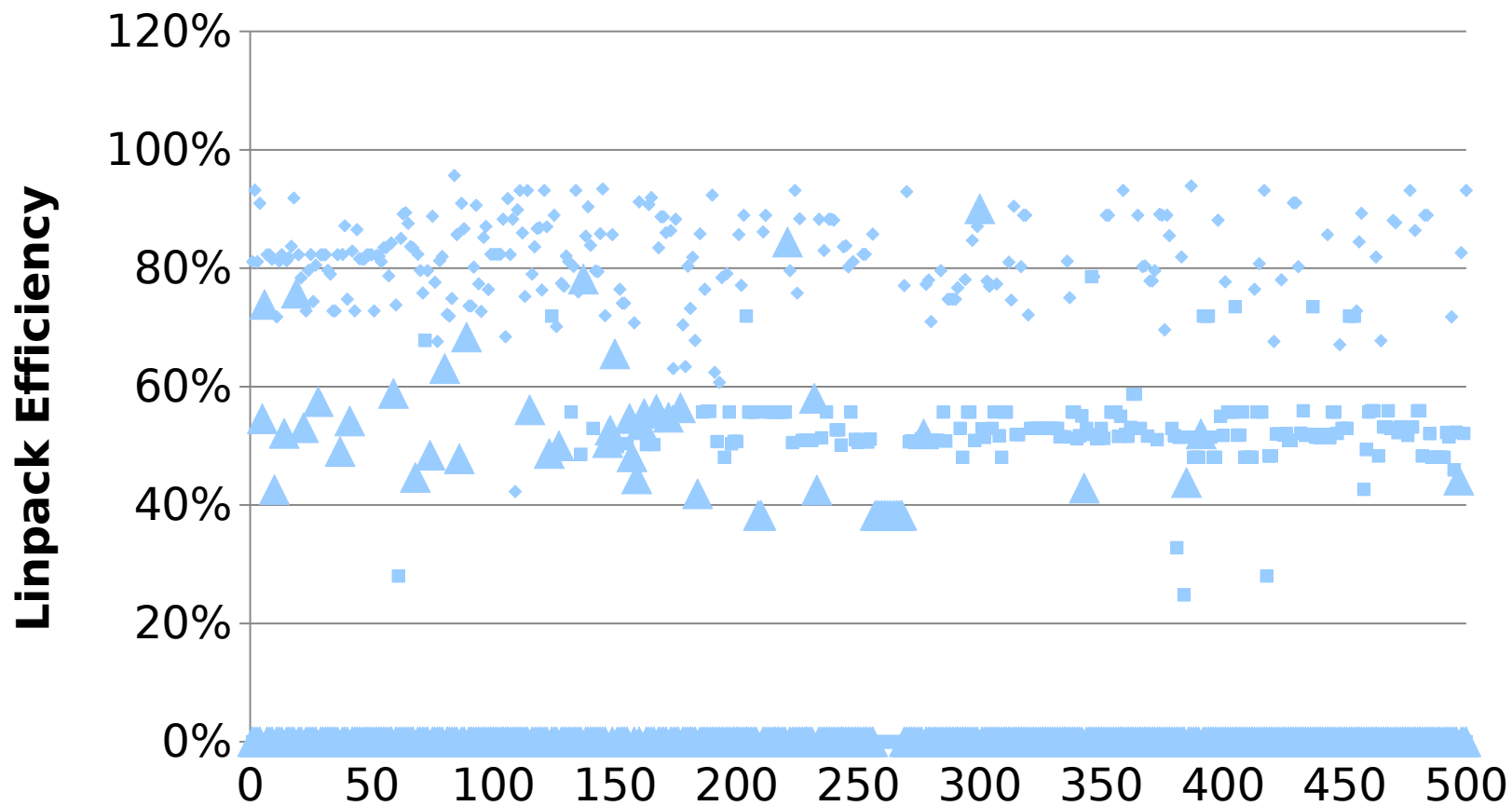
Пиковая производительность компьютера, R_{peak}

Реальная производительность, R_{max}

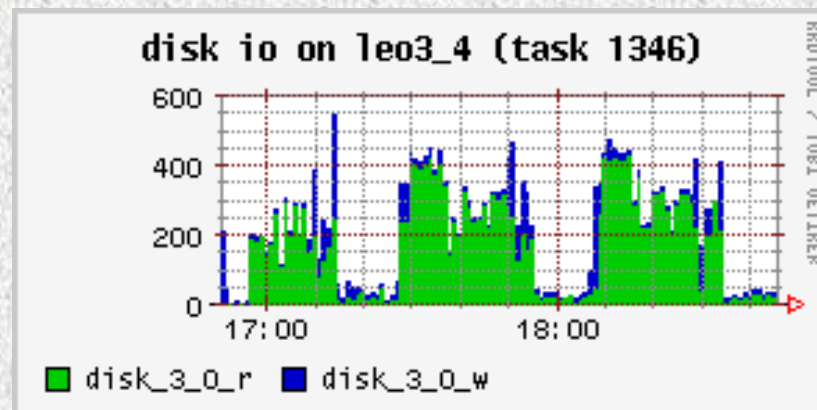
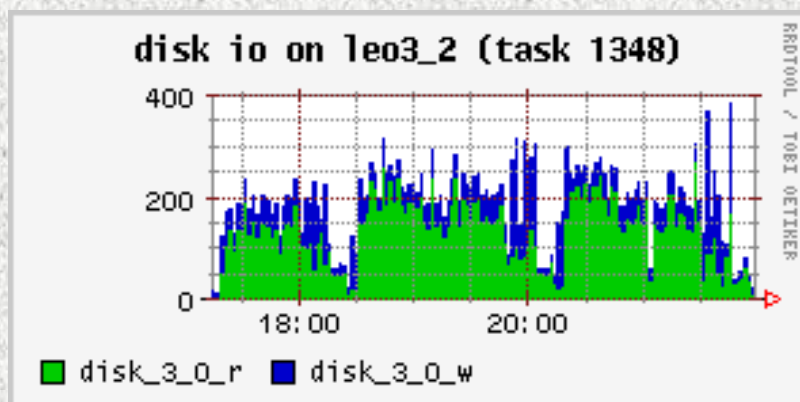
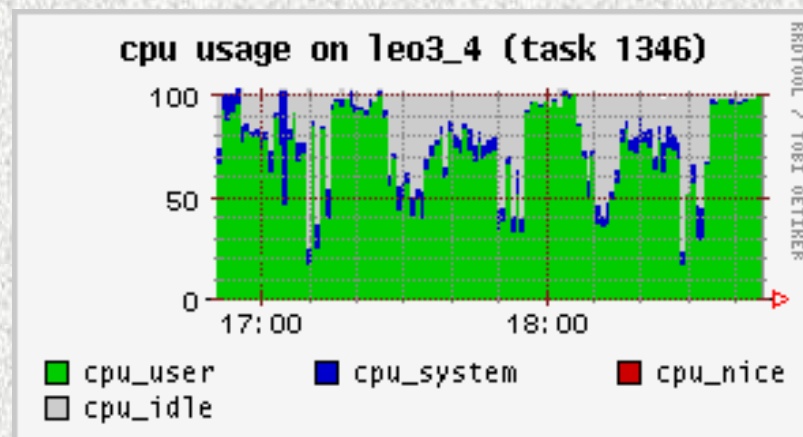
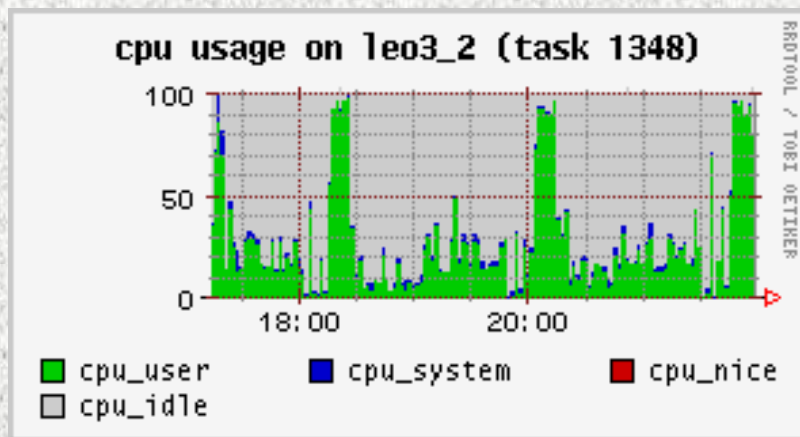
$$R_{max} = \frac{\text{число операций в программе}}{\text{время работы компьютера}}$$

$$\text{Эффективность} = \frac{R_{max}}{R_{peak}}$$

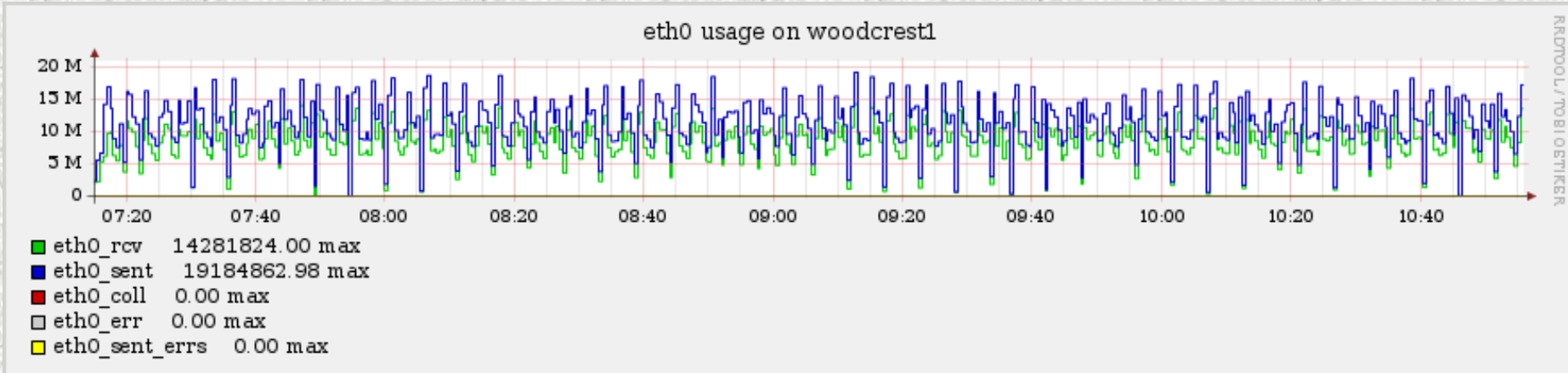
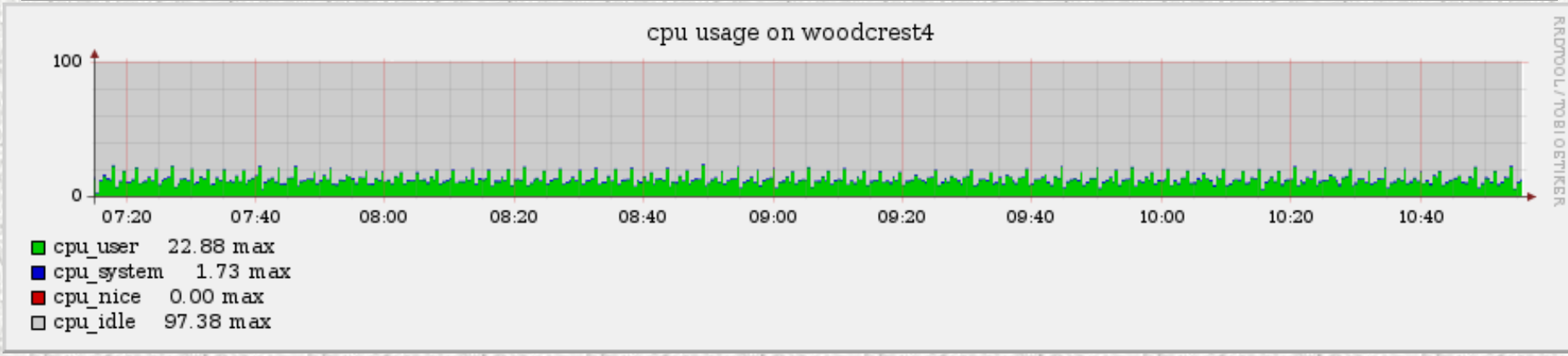
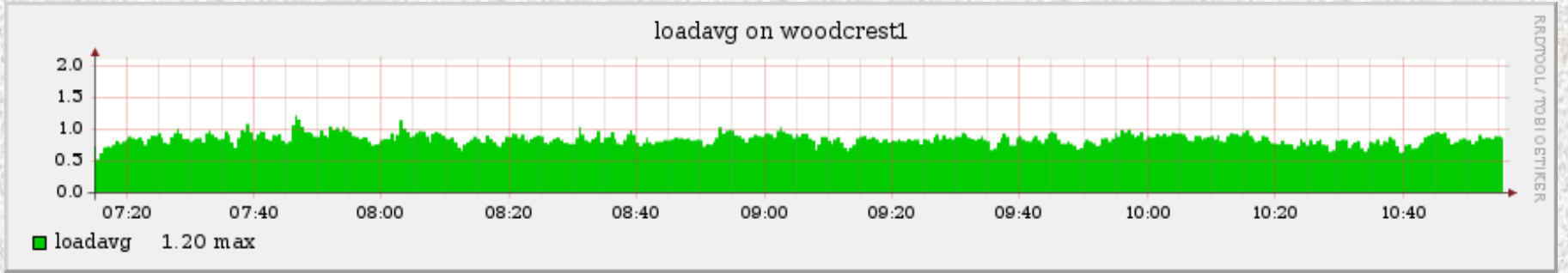
Top500, Linpack, Эффективность



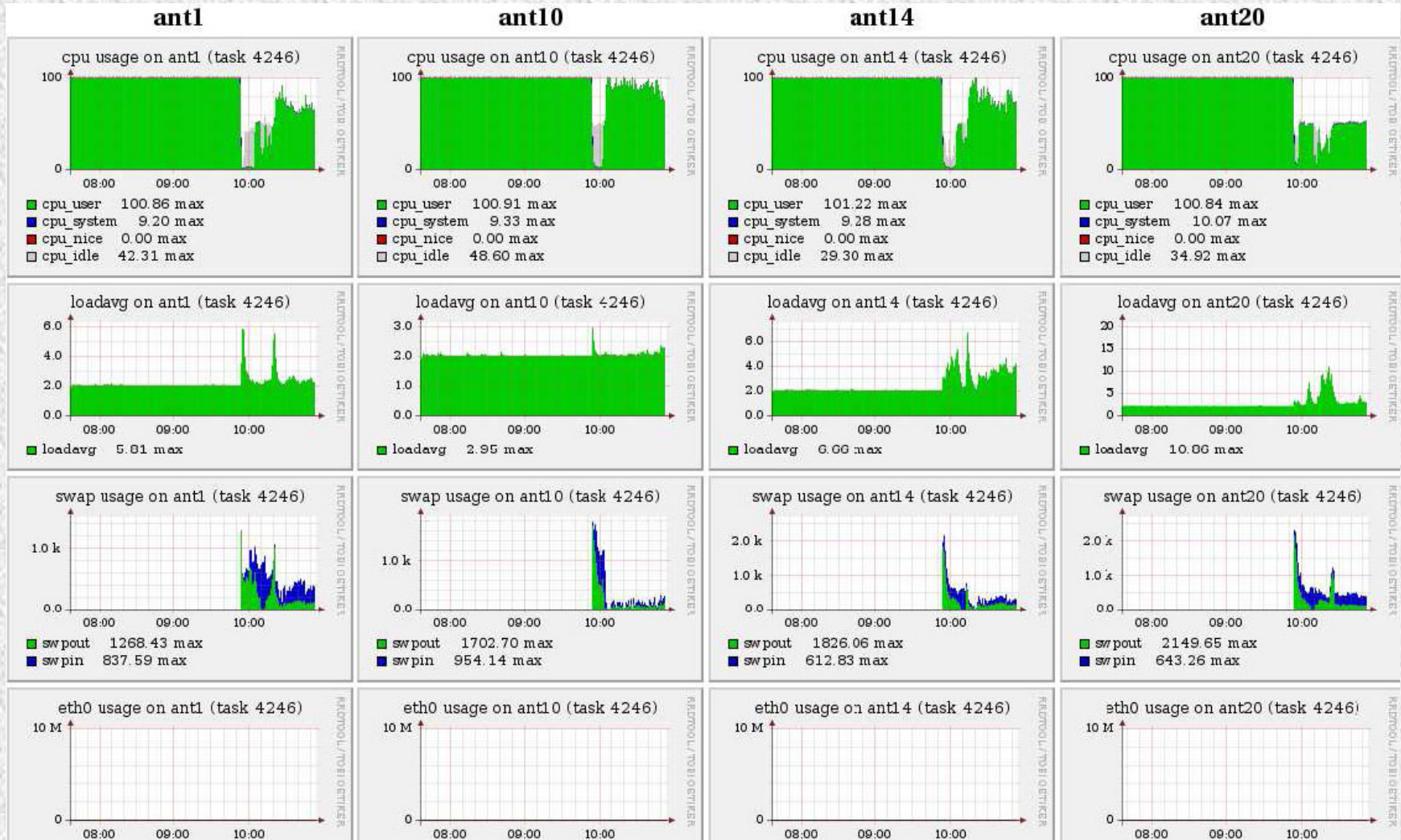
Мониторинг работы программ (использование дисков)



Исследование динамических свойств программ



Исследование динамических свойств программ



Эффективность суперкомпьютеров...

Данные мониторинга раздела на 4160 ядер (“Ломоносов”):



HOPSA project

ICT EU-Russia Coordinated Project (FP7-2011-EU-Russia)
HOPSA project – **H**Olistic **P**erformance **S**ystem **A**nalysis



EU partners:

- *Forschungszentrum Juelich GmbH (EU coordinator);*
- *Rogue Wave Software AB;*
- *Barcelona Supercomputing Center;*
- *German Research School for Simulation Sciences;*
- *Technical University Dresden.*



Russian partners:

- *Research Computing Center, Moscow State University (Russian coordinator);*
- *T-Platforms;*
- *Joint Supercomputer Center, Russian Academy of Sciences;*
- *Scientific Research Institute of Multiprocessor Computer Systems, Southern Federal University.*

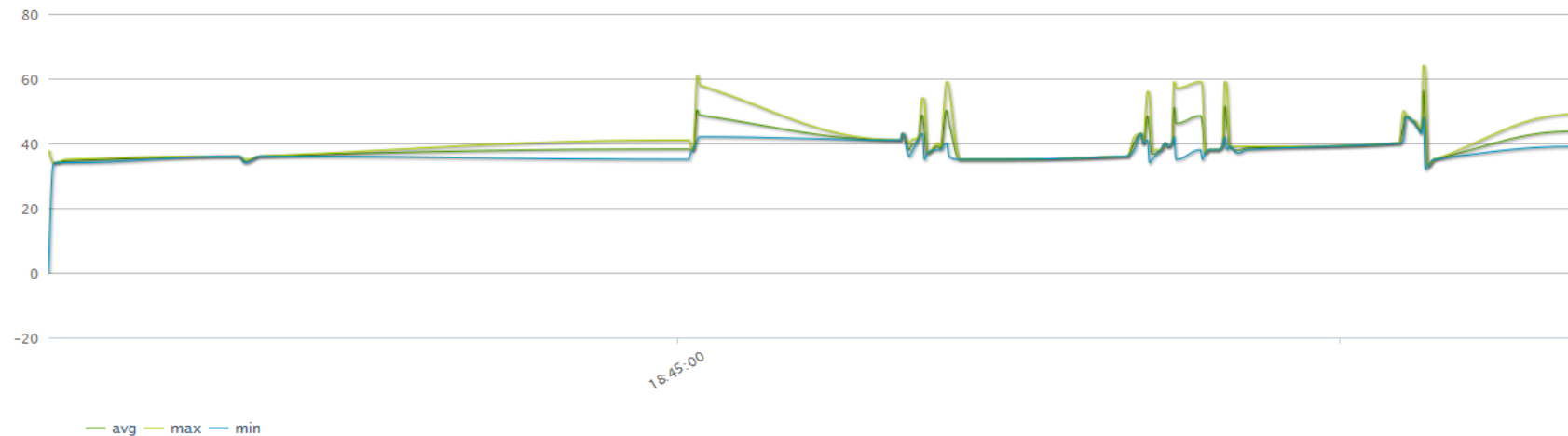
Эффективность приложений

Digest for job 189713

User:	aoganov	Command:	vasp
Nodes:	node-07-03,node-43-09	CPU count:	16
Started:	Wed May 2 18:40:14 2012	Queued:	Wed May 2 18:28:42 2012
Ended:	Wed May 2 18:51:53 2012	Wait time:	0 days 00:11:32
CPU*Hours:	3.106666666666667	Run time:	0 days 00:11:39

analyze cpu tpl7 cpu 1335970373476.csv

User CPU usage (%)



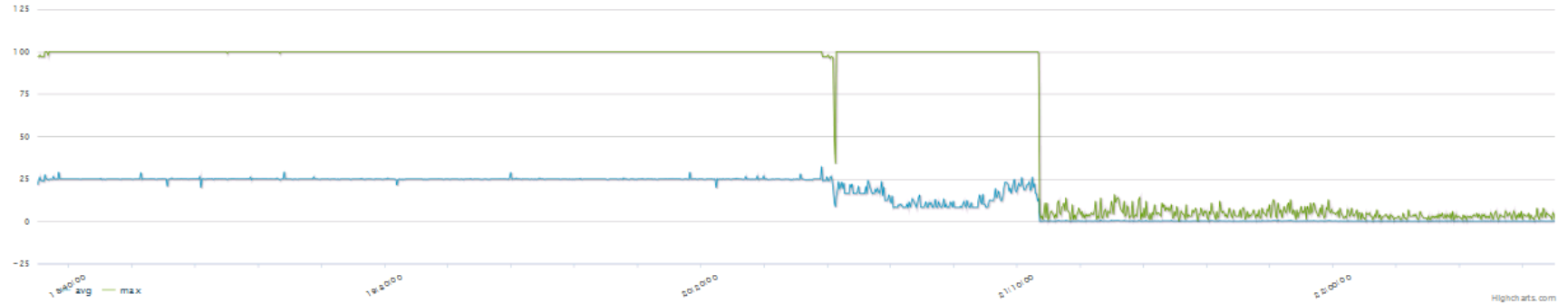
Highcharts.com

Digest for job 13014

User: coctic Command: ./xhpl
Nodes: cn02,cn15 CPU count: 6
Started: Fri Apr 6 18:35:12 2012 Queued: Fri Apr 6 18:35:11 2012
Ended: Fri Apr 6 22:35:14 2012 Wait time: 0 days 00:00:01
CPU*Hours: 24.0033333333333 Run time: 0 days 04:00:02

analvas_cpu_bf2_cpu_1333737377807.csv

CPU usage for job



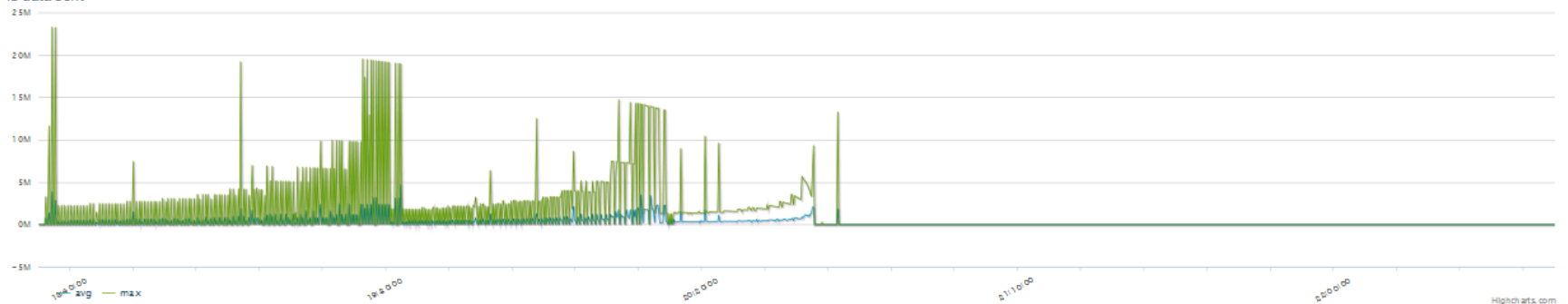
analvas_mem_bf2_cpu_1333737345863.csv

Free memory for job



analvas_ib_bf2_cpu_1333737708803.csv

IB data sent



Эффективность приложений

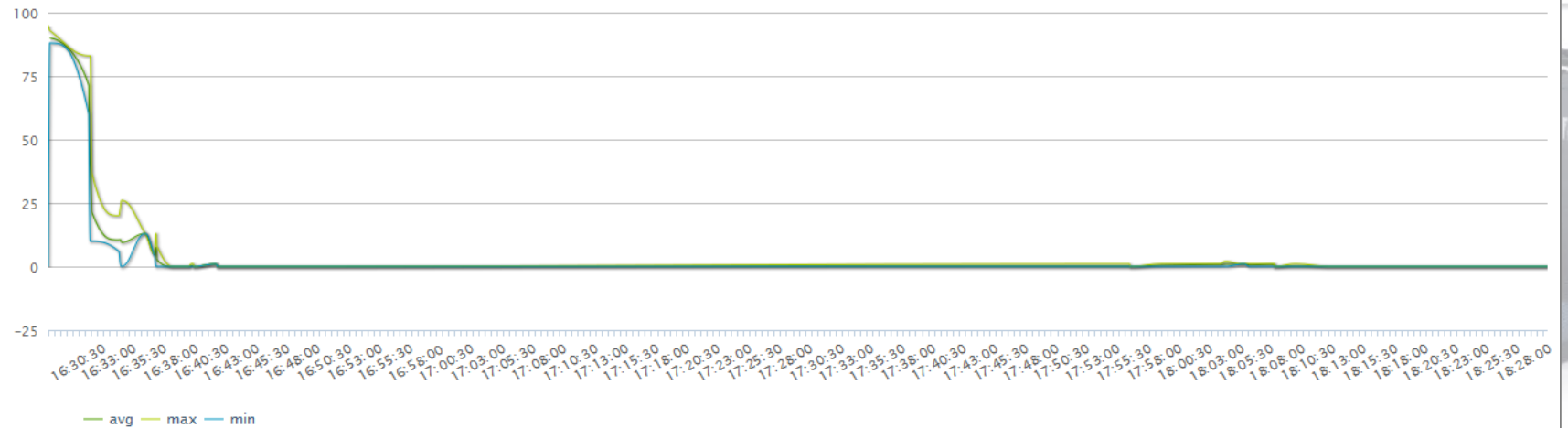
Digest for job 189515

User: larin
Nodes: node-11-01,node-30-01
Started: Wed May 2 16:27:59 2012
Ended: Wed May 2 18:31:04 2012
CPU*Hours: 32.822222222222

Command: /home/larin/CRYSTAL/NaCl/slab/100_H2_Na/Na/16a/Fixed_13_16/Fi/134/pcrystal
CPU count: 16
Queued: Wed May 2 16:16:22 2012
Wait time: 0 days 00:11:37
Run time: 0 days 02:03:05

analyze cpu tpl7 cpu 1335969124568.csv

User CPU usage (%)



Highcharts.com

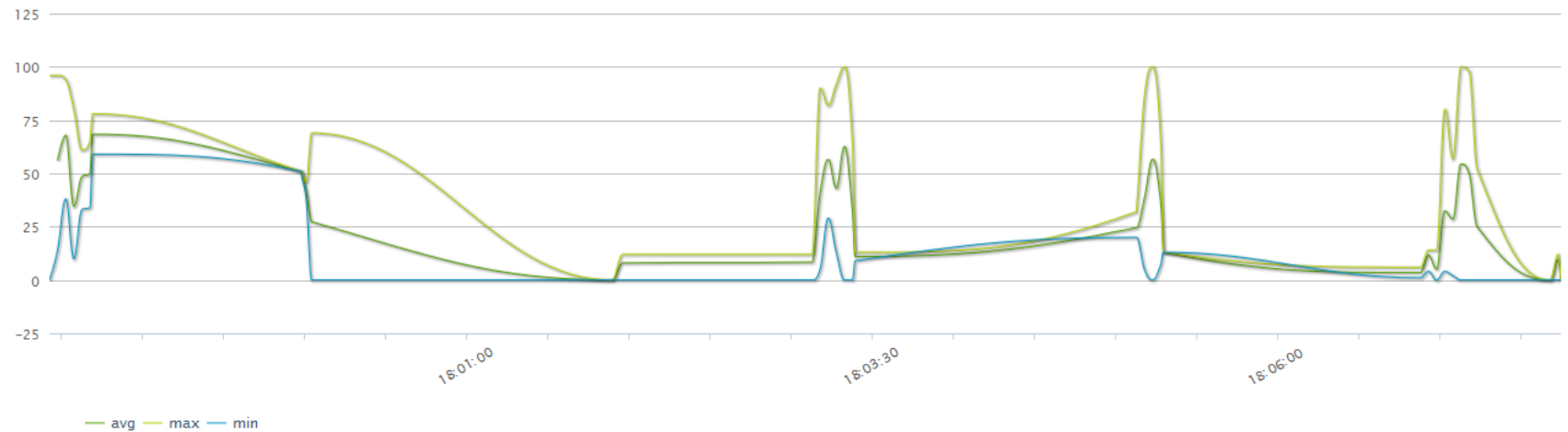
Эффективность приложений

Digest for job 6636

User:	ron	Command:	./p au12-1--C2H2-diss_r2.in au12-1--C2H2-diss_r2.out
Nodes:	node-38-08,node-48-05	CPU count:	16
Started:	Wed May 2 17:12:39 2012	Queued:	Wed May 2 12:42:08 2012
Ended:	Wed May 2 18:08:44 2012	Wait time:	0 days 04:30:31
CPU*Hours:	14.9555555555556	Run time:	0 days 00:56:05

analyze_cpu_tpl7_cpu_1335967784519.csv

User CPU usage (%)



Highcharts.com

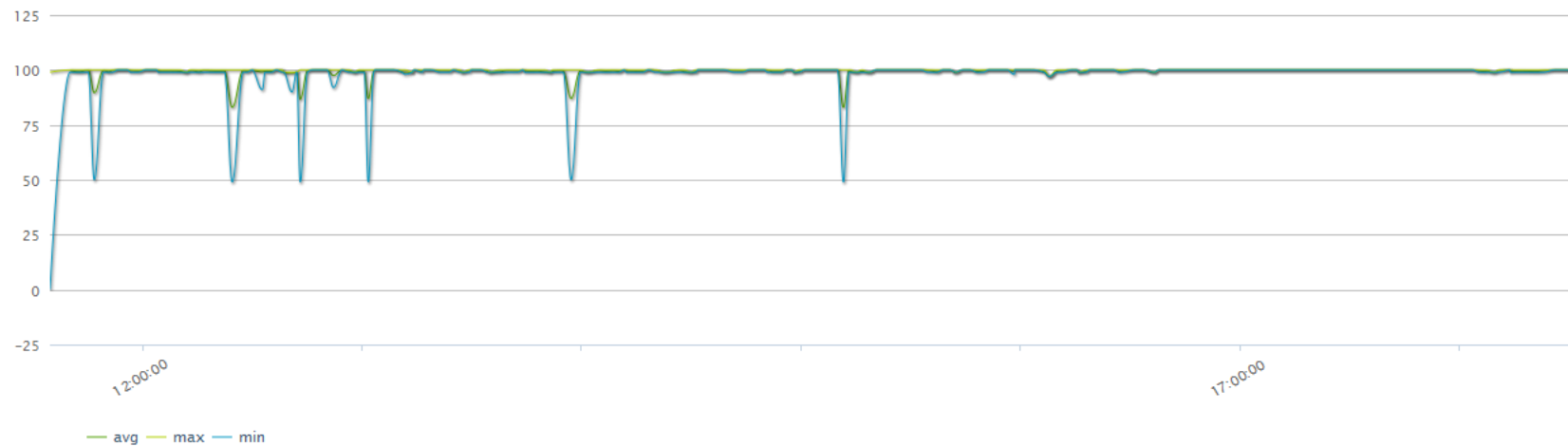
Эффективность приложений

Digest for job 188606

User:	ulybyshev	Command:	./calculator constants_calc.txt confB1.400e-01M3.000e-02Nx20Nt40.txt1
Nodes:	node-02-02,node-08-05	CPU count:	16
Started:	Tue May 1 20:20:50 2012	Queued:	Tue May 1 20:16:00 2012
Ended:	Wed May 2 18:33:34 2012	Wait time:	0 days 00:04:50
CPU*Hours:	355.395555555556	Run time:	0 days 22:12:44

analyze_cpu_tpl7_cpu_1335969274609.csv

User CPU usage (%)



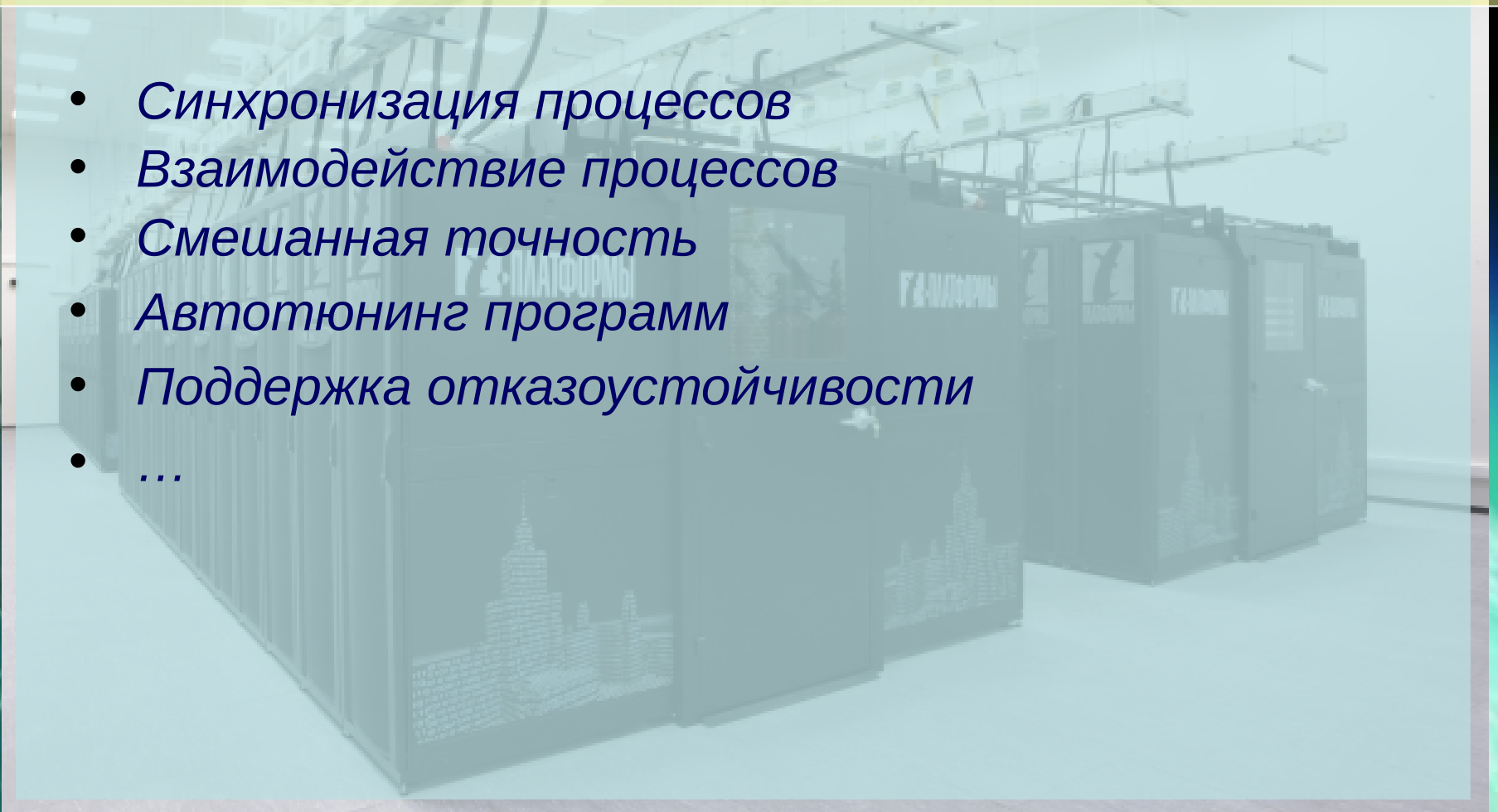
Highcharts.com

О чем нужно задуматься на пути к Exa...?

- Степень параллельности
- Надежность
- Энергопотребление
- Модель программирования
- Неоднородность
- Сложная иерархия памяти
- Сверхпараллельный ввод/вывод
- **Стек системного и прикладного ПО**
- ...

О чем нужно задуматься на пути к Eха...?

(стек системного и прикладного ПО)

- *Синхронизация процессов*
 - *Взаимодействие процессов*
 - *Смешанная точность*
 - *Автотюнинг программ*
 - *Поддержка отказоустойчивости*
 - *...*
- 

О чем нужно задуматься на пути к Exa...?

- Степень параллельности
- Надежность
- Энергопотребление
- *Модель программирования*
- Неоднородность
- Сложная иерархия памяти
- Сверхпараллельный ввод/вывод
- Стек системного и прикладного ПО
- ...

Этапы переписывания программ ...

- 70-е годы, векторизация программ (циклы)
- 80-е годы, векторно-параллельная обработка, два уровня параллелизма
- начало 90-х, компьютеры с распределенной памятью, технология MPI
- середина 90-х, компьютеры с общей памятью, технология OpenMP
- начало 2000-х, гибридное программирование кластеров из SMP-узлов, MPI+OpenMP
- 2010-е годы – графические процессоры...

Этапы переписывания программ ...

- 70-е годы, векторизация программ (циклы)
- 80-е годы, векторно-параллельная обработка, два уровня параллелизма
- начало 90-х, компьютеры с распределенной памятью, технология MPI
- середина 90-х, компьютеры с общей памятью, технология OpenMP
- начало 2000-х, гибридное программирование кластеров из SMP-узлов, MPI+OpenMP
- 2010-е годы – графические процессоры...
- **виден ли конец этому процессу переписывания?**

Знание структуры программ и алгоритмов – основа решения задачи эффективного отображения на архитектуру вычислительных систем

Важно: типовые алгоритмические структуры

Важно: исследование потенциала параллелизма и степени масштабируемости алгоритмов

Умножение матриц: все ли просто?

Фрагмент исходного текста:

```
for( i = 0; i < n; ++i)
```

```
    for( j = 0; j < n; ++j)
```

```
        for( k = 0; k < n; ++k)
```

```
            A[i][j] = A[i][j] + B[i][k]*C[k][j]
```

Возможен ли порядок:

(i, k, j) - ? **ДА**

(k, i, j) - ? **ДА**

(k, j, i) - ? **ДА**

(j, i, k) - ? **ДА**

(j, k, i) - ? **ДА**

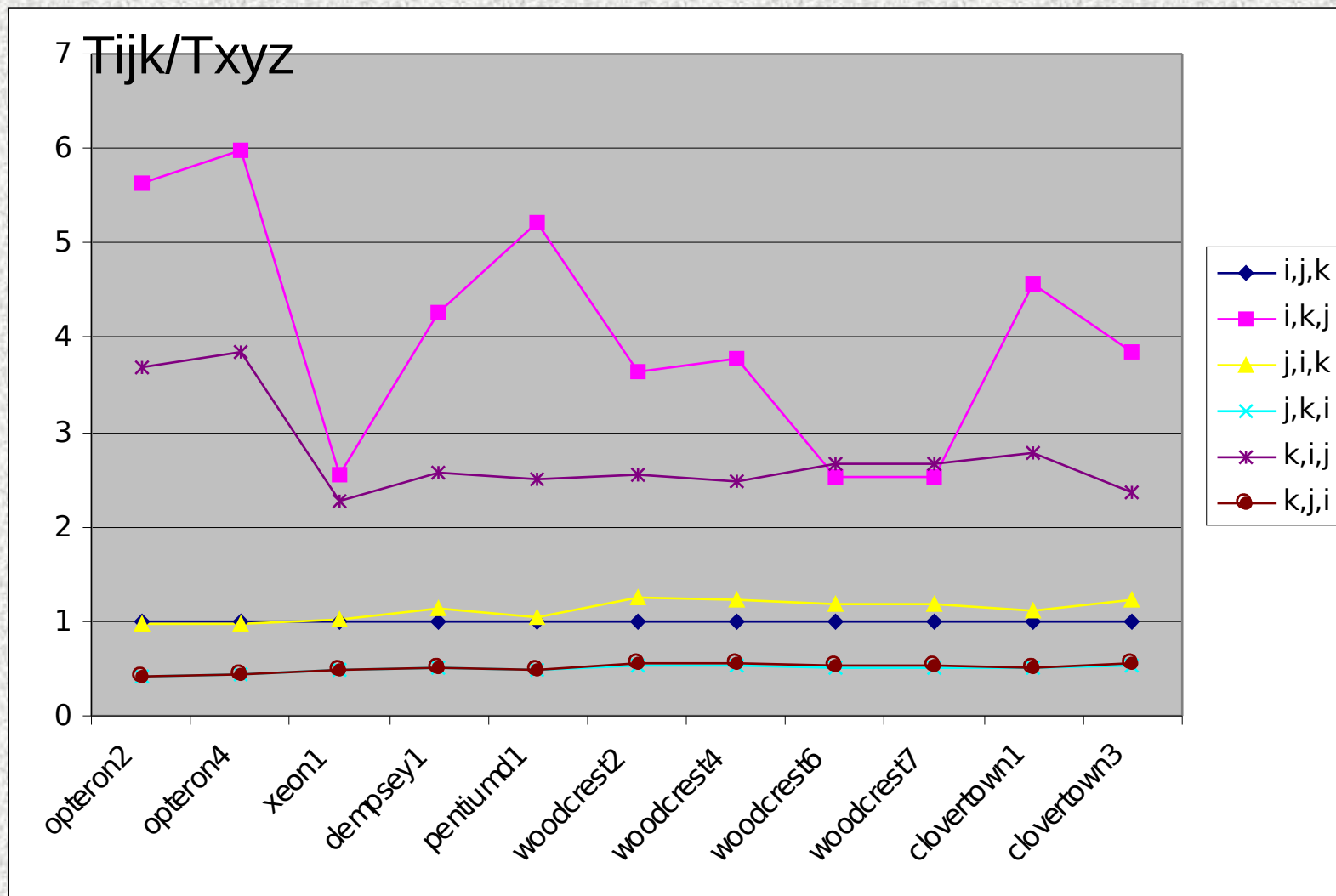
Порядок циклов: (i, j, k)

Почему возможен
другой порядок?

А зачем нужен
другой порядок?

Умножение матриц: все ли просто?

(сравнение с порядком (i, j, k))



Информационная структура программ и алгоритмов

Информационная структура – это основа анализа свойств программ и алгоритмов.

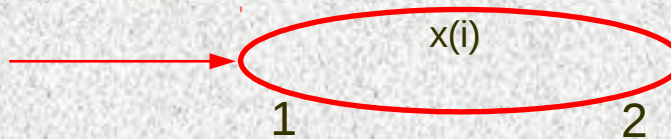
$$x(i) = a + b(i) \quad (1)$$

$$y(i) = 2 * x(i) - 3 \quad (2)$$

$$t1 = y(i) * y(i) + 1 \quad (3)$$

$$t2 = b(i) - y(i) * a \quad (4)$$

Исполнять только последовательно !



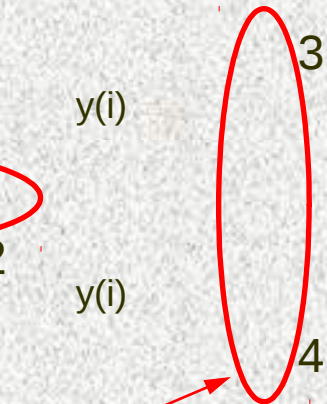
$y(i)$

3

$y(i)$

4

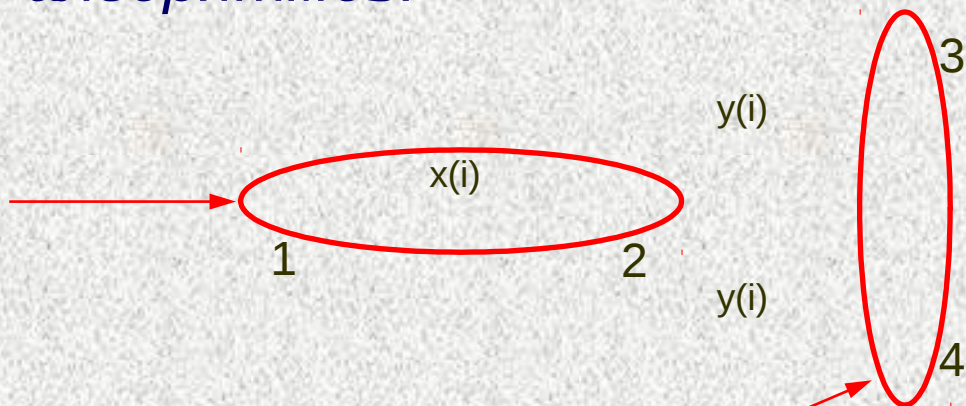
Можно исполнять параллельно !



Информационная структура программ и алгоритмов

Информационная структура – это основа анализа свойств программ и алгоритмов.

Исполнять только последовательно !



Можно исполнять параллельно !

Информационная зависимость определяет критерий эквивалентности преобразований программ.

Информационная независимость определяет ресурс параллелизма программы.

Программы и их графы алгоритма (умножение матриц)

Do $i = 1, n$

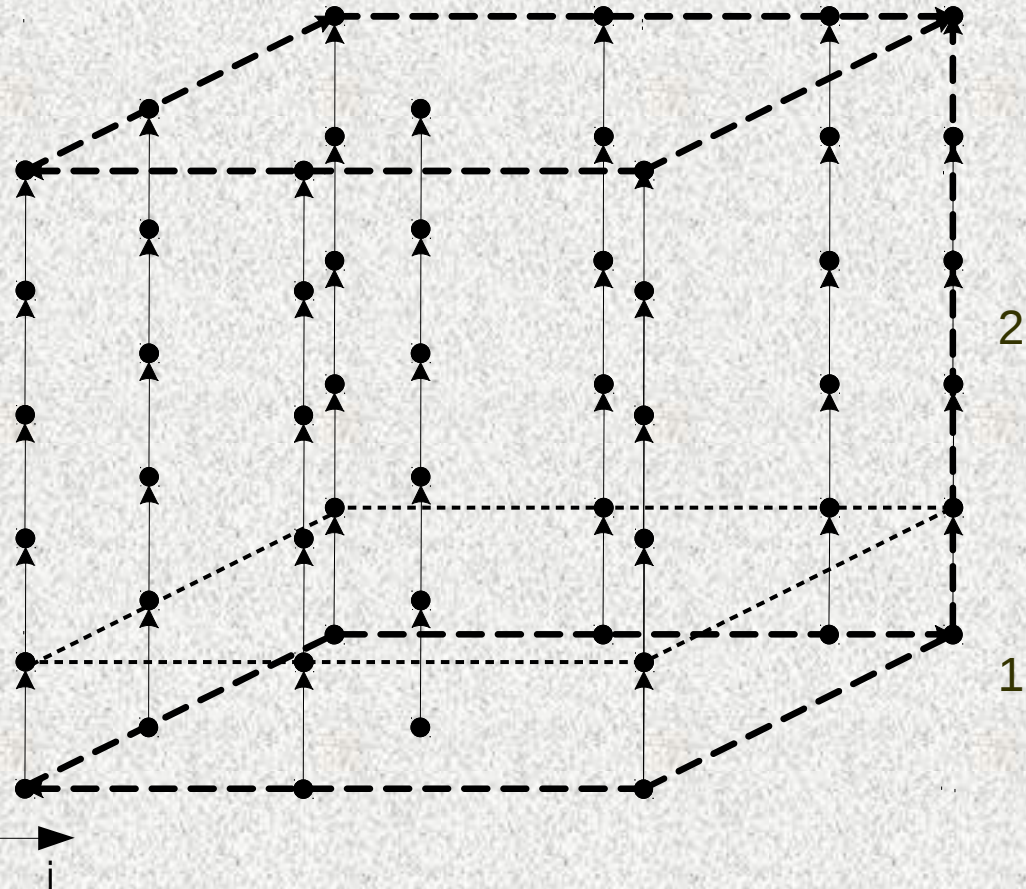
Do $j = 1, n$

$A(i,j) = 0$

Do $k = 1, n$

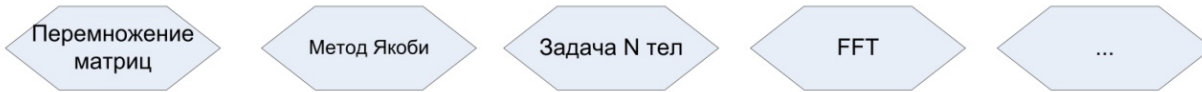
$A(i,j) = A(i,j) + B(i,k)*C(k,j)$

1
2



$\begin{cases} 1 \leq i \leq n \\ 1 \leq j \leq n \\ k = 1 \\ \begin{cases} i_1 = i \\ j_1 = j \end{cases} \\ \text{ИЗ (1)} \end{cases}$	$\begin{cases} 1 \leq i \leq n \\ 1 \leq j \leq n \\ 2 \leq k \leq n \\ \begin{cases} i_1 = i \\ j_1 = j \\ k_1 = k - 1 \end{cases} \\ \text{ИЗ (2)} \end{cases}$
--	---

Алгоритмы



Информационная структура

Выбранная технология программирования –
Fortress, Chapel, X10, CUDA; OpenMP, MPI, ...

Исходный текст программы

Различные компиляторы и их опции,
подключаемые библиотеки

Исполняемый код

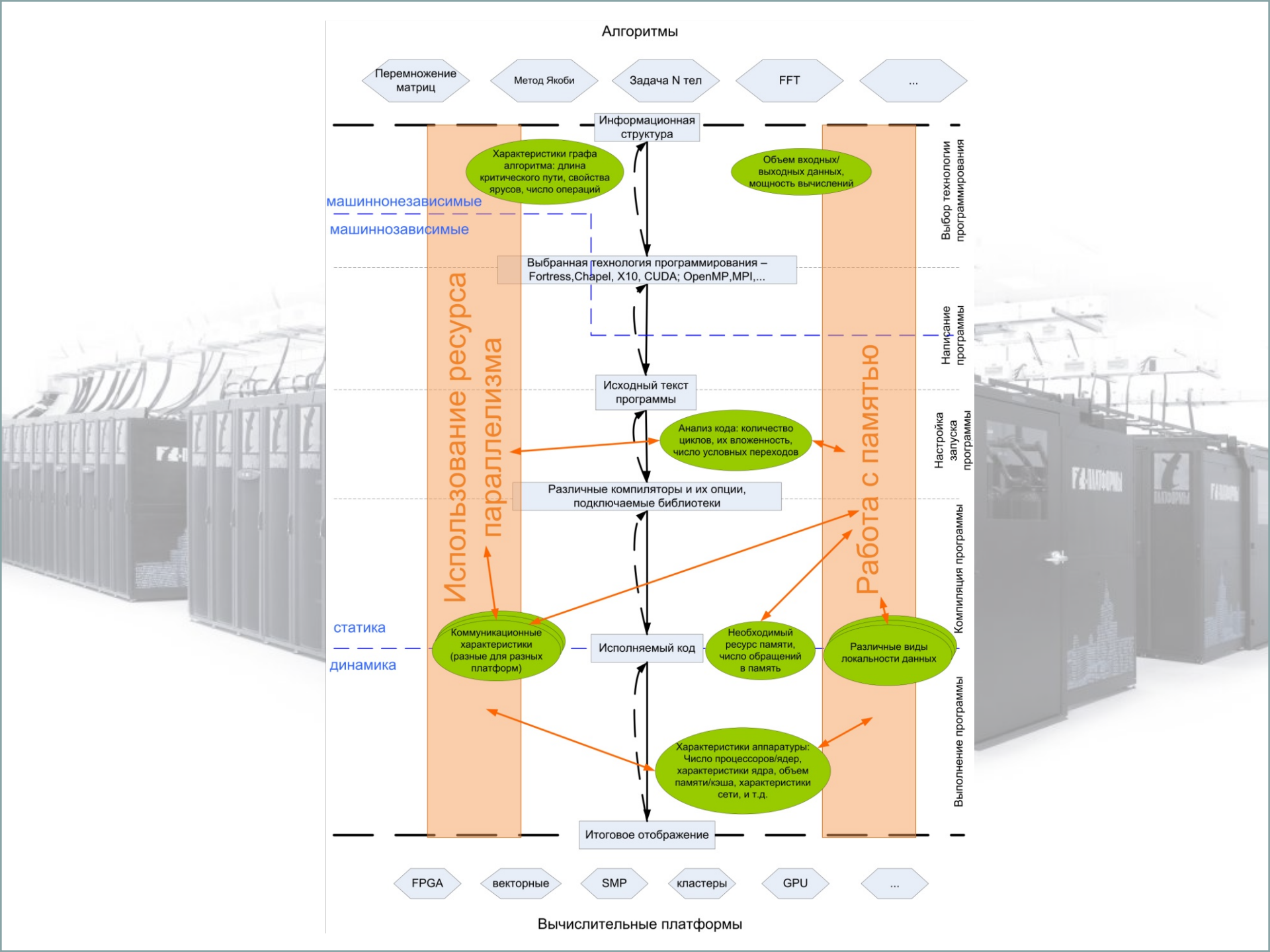
Итоговое отображение

Выбор технологии программирования
Написание программы
Настройка запуска программы
Компиляция программы
Выполнение программы



Вычислительные платформы





*Нужны ли столь мощные
вычислительные системы?*



Суперкомпьютерный комплекс МГУ

(пользователи и организации)

	2009	2010	2011
Пользователи, всего:	241	369	545
в том числе:			
из подразделений МГУ:	155	241	359
из институтов РАН:	53	77	110
из других организаций:	33	51	76
Подразделения МГУ:	15	21	24
Институты РАН:	20	28	35
Другие:	19	24	34

Моделирование быстропротекающих процессов в механике деформируемого твердого тела

Моссаковский П.А., Антонов Ф.К, Костырева Л.А., Инюхин А.В.: НИИ Механики МГУ имени М.В.Ломоносова

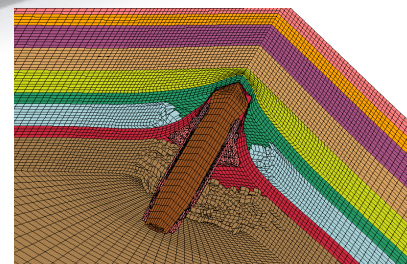
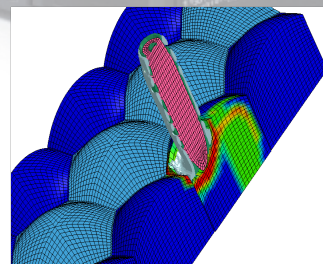
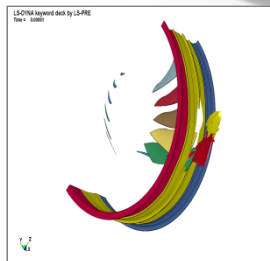
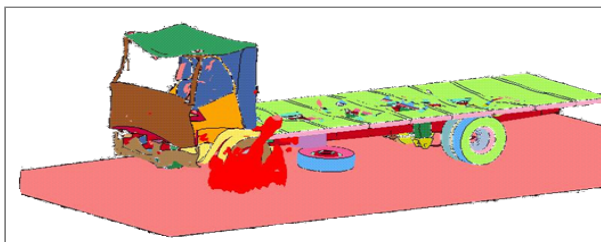
AREA Моделирование существенно нелинейных динамических процессов DRIVER . Задачи, связанные с быстропротекающими динамическими процессами (удар, пробивание, взрыв)

STRATEGY .Для решения существенно нелинейных динамических задач применяется экспериментально-вычислительный подход, основанный на итерационной процедуре верификационного моделирования.

OBJECTIVE Разработка экспериментально-вычислительной методики моделирования существенно нелинейных динамических процессов, позволяющих получать решение с контролируемой точностью.

IMPACT . Возможность точного решения сложных задач, связанных с существенно нелинейными динамическим процессами.

USAGE Решение конкретных задач, связанных с моделированием различных аварийных ситуаций, которые могут приводить к катастрофическим последствиям.



Формирование квантовых наноструктур пониженной размерности на поверхности полупроводников

Музыченко Д.А.: физический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

AREA - поверхность твердого тела и физика наносистем

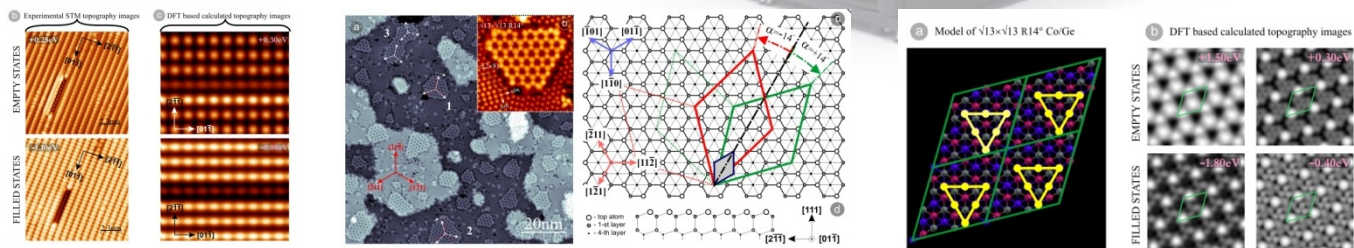
DRIVER - разработка перспективных устройств спинтроники и нанoeлектроники

STRATEGY - проект основан на уникальном сочетании взаимодействующих экспериментальных и теоретических методах: низкотемпературной сканирующей туннельной микроскопии/спектроскопии и расчетах "из первых принципов" на основе теории функционала плотности

OBJECTIVE - создание на поверхности твердого тела новых квантовых спин-детерминированных систем атомных масштабов, детальное экспериментальное и теоретическое исследование их электронных и спиновых свойств

IMPACT - накопление фундаментальных знаний о формировании и свойствах квантовых низкоразмерных наносистемах, которые в перспективе могут использоваться в качестве логических элементов устройствах нанoeлектроники

USAGE - перспективно использование результатов проекта в устройствах спинтроники и в реализации квантовых вычислительных алгоритмов.



Исследование границы гелиосферы

Измоденов В.В., Проворникова Е.А., Д.В.Алексашов, Ю.Г.Малама: механико-математический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова, Институт космических исследований РАН, Институт проблем механики им. А.Ю.Ишлинского РАН.

AREA численные методы в космической газовой динамике.

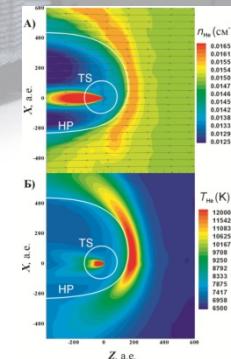
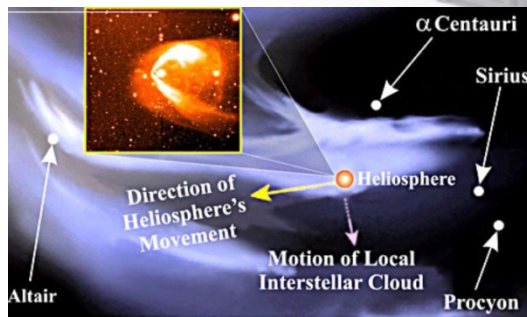
DRIVER Численное моделирование физических процессов на границе гелиосферы.

STRATEGY Разработка трехмерной самосогласованной кинетико-МГД модели гелиосферного ударного слоя.

OBJECTIVE Проект направлен на изучение фундаментальных свойств областей взаимодействия звездных ветров с межзвездной средой на примере взаимодействия солнечного ветра с локальной межзвездной средой.

IMPACT Эффективная модель, позволяющая подробно анализировать экспериментальные данные. Продвижение в области гелиосферных исследований.

USAGE интерпретация и предсказание новых экспериментальных данных.



Моделирование сезонных затоплений Волго-Ахтубинской поймы

Хоперсков А.В., Храпов С.С., Кузьмин Н.М., Писарев А.В., Кобелев И.А.,
Бутенко М.А., Дьяконова Т.А.: Волгоградский государственный университет

AREA Вычислительная гидродинамика

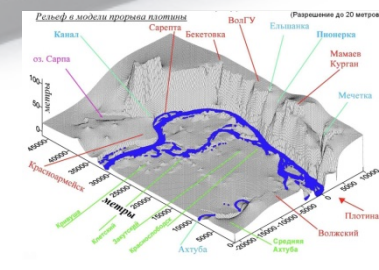
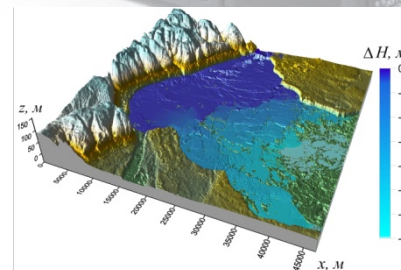
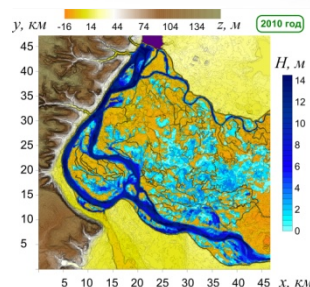
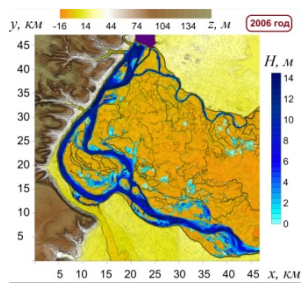
DRIVER Изучение сезонных затоплений на территории Волго-Ахтубинской поймы
и оптимизация работы гидросооружений

STRATEGY Построение численных моделей динамики поверхностных вод на
заданном рельефе местности

OBJECTIVE Многомерные нестационарные численные эксперименты позволяют
предсказывать состояние Волго-Ахтубинской поймы в зависимости от
метеорологических условий и вырабатывать оптимальный гидрологический
режим работы различных гидросооружений

IMPACT Построение оптимальных гидрографов позволит сохранить уникальный
природный ландшафт Волго-Ахтубинской поймы с учетом разумного баланса
экологических, природопользовательских и энергетических задач

USAGE Результаты расчетов должны использоваться федеральной комиссией по
формированию плановых весенних гидрографов для каскада ГЭС на Волге.



Компьютерное конструирование биоинспирированных функциональных наноструктур

Шайтан А.К., Халатур П.Г., Хохлов А.Р.: МГУ имени М.В. Ломоносова

AREA Нанотехнологии

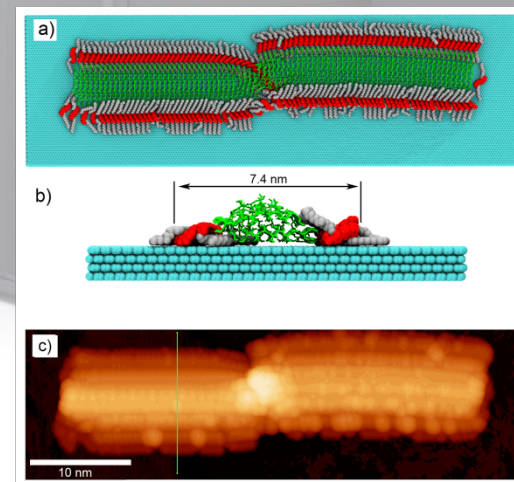
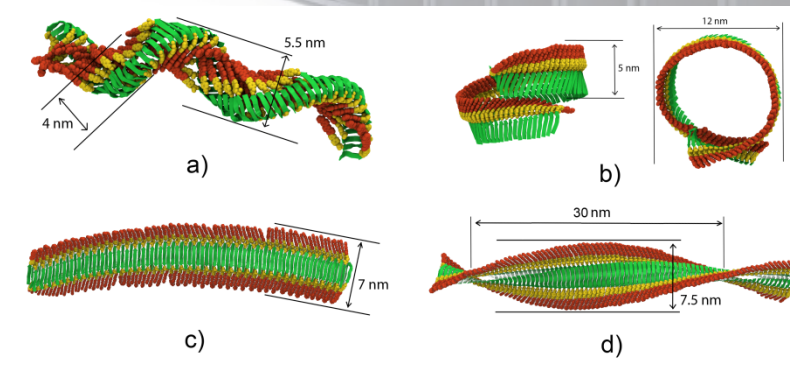
DRIVER Дизайн наноэлектронных устройств в области органической электроники

STRATEGY Моделирование методами молекулярной динамики и квантовой химии

OBJECTIVE Создание гибридных молекулярных соединений, которые могут самособираться в проводящие фибриллярные наноструктуры.

IMPACT Область органической электроники

USAGE Нанопровода для применений в области органической электроники



Численное моделирование ветроэнергетической установки при помощи FlowVision

Кузнецов К.В., Москалёв И.В.: ООО "ТЕСИС"

AREA Энергетика, возобновляемые источники энергии, вычислительная гидродинамика

DRIVER Определение характеристик ВЭУ путем численного моделирования и сравнение полученных результатов с экспериментальными данными

STRATEGY Моделирование течения и расчет характеристик ВЭУ с помощью программного комплекса вычислительной гидродинамики FlowVision с применением суперкомпьютеров МГУ.

OBJECTIVE Эффективное проектирование конкурентоспособных ветроэнергетических установок, позволяющее значительно сократить затраты на разработку аналогичных систем

IMPACT Быстрое развитие ветроэнергетики в труднодоступных районах страны, позволяющее значительно сократить затраты на их энергоснабжение

USAGE Уменьшение стоимости и повышение скорости и качества работ по проектированию ветроэнергетических систем



Исследование аэродинамических характеристик модели автомобиля с применением FlowVision

Аксенов А.А., Жлуктов С.В., Маркова Т.В., Москалев И.В.: ООО "ТЕСИС"

AREA Автомобилестроение и вычислительная гидродинамика

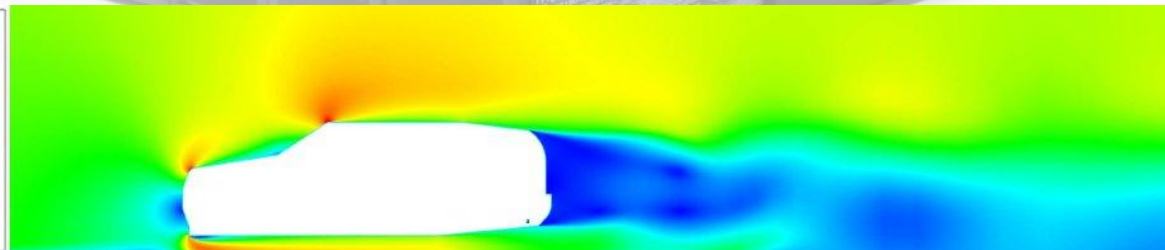
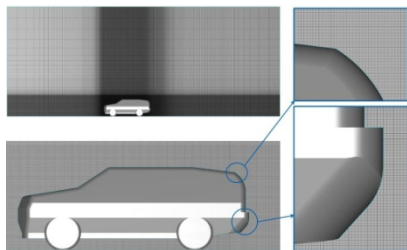
DRIVER Разработка методики расчета задач обтекания автомобиля.

STRATEGY Моделирование вихревого течения с помощью программного комплекса численной гидродинамики FlowVision с применением суперкомпьютеров МГУ.

OBJECTIVE Разработка оптимальной методики расчета задач обтекания автомобиля с целью получения достоверных аэродинамических характеристик.

IMPACT Данная методика позволит определять и улучшать аэродинамические характеристик автомобиля на стадии разработки и проектирования.

USAGE Уменьшение стоимости и времени на разработку и проектирование автомобиля. Улучшение аэродинамических характеристик автомобиля путем модернизация конструкции на стадии моделирования.



Повышение эффективности нагрева мягких тканей при облучении ультразвуком

Хохлова В.А., Бобкова С.М., Ильин С.А., Юлдашев П.В.: МГУ имени М.В. Ломоносова

AREA Терапевтические применения ультразвука

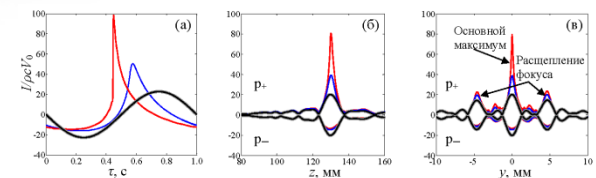
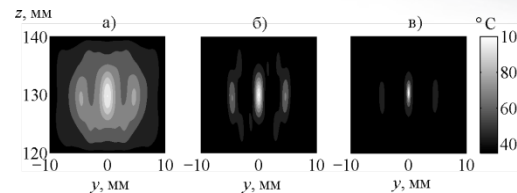
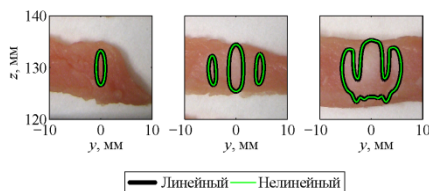
DRIVER Улучшение пространственной локализации и мощности теплового нагрева опухолевой ткани, находящейся за ребрами

STRATEGY Разработка методов создания специальных конфигураций работы многоэлементных терапевтических фазированных решеток и численное моделирование создаваемых ими полей для достижения требуемых результатов.

OBJECTIVE Разработка схемы отключения элементов решетки для проведения облучения через ребра. Моделирование нелинейных эффектов, связанных с распространением акустической волны за ребрами. Моделирование теплового поля с помощью решения уравнения теплопроводности и проведение оценки влияния нелинейных эффектов на эффективность нагрева целевой области

IMPACT Разработка новых методов эффективного облучения ультразвуком опухолевых тканей, находящихся за ребрами

USAGE Разрушение опухолевой ткани органов, находящихся за ребрами грудной клетки, без перегрева ребер.



Исследование акустики и аэродинамики авиавинтов

Титарев В.А.: ВЦ им. А.А. Дородницына РАН, Копьев В.Ф., Беляев И.В.: МК ЦАГИ

AREA вычислительная аэроакустика, вычислительная физика, высокопроизводительные вычисления

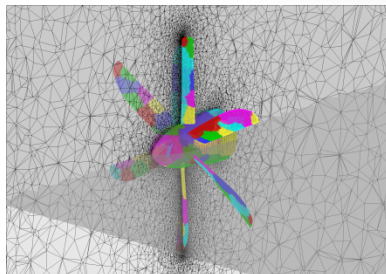
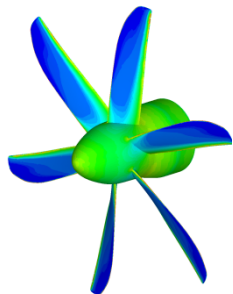
DRIVER Разработка новых конфигураций типа open rotor

STRATEGY Компьютерный эксперимент с использованием современных методов вычислительной физики и аэроакустики

OBJECTIVE Создание комплекса программ численного моделирования задач аэродинамики и акустики винтов, основанный на использовании схем типа Годунова во вращающейся системе координат и использовании современных суперкомпьютерных систем.

IMPACT Быстрое и аккуратное предсказание акустических свойств конфигураций типа open rotor на основе численного моделирования.

USAGE Создание и оценка эффективности новых двигателей



Разработка и применение новых методов в вычислительной аэродинамике и механике разреженных газов

Титарев В.А.: ВЦ им. А.А. Дородницына РАН

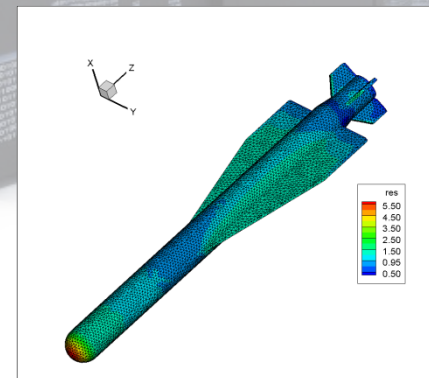
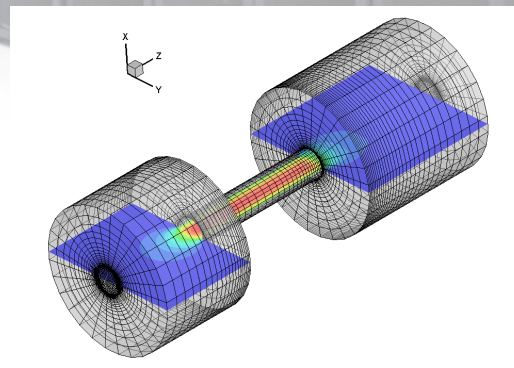
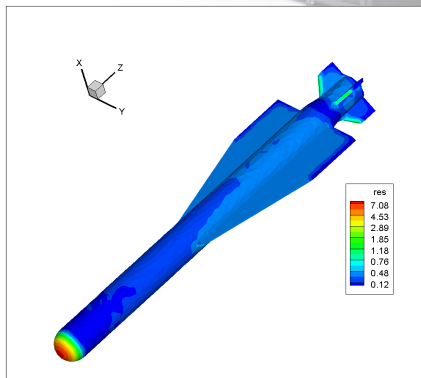
AREA вычислительная физика, высокопроизводительные вычисления
DRIVER Моделирование течений в микроустройствах и обтеканий спускаемых аппаратов

STRATEGY Компьютерный эксперимент с использованием современных методов вычислительной физики

OBJECTIVE Дальнейшее развитие комплекса программ численного моделирования задач механики разреженных газов, основанного на использовании оригинальных консервативных методов и современных суперкомпьютерных систем.

IMPACT Станет возможным быстрое и аккуратное моделирование течений разреженных газов в сложных геометриях.

USAGE Моделирование микро течений и обтекания космических аппаратов



Развитие мезомасштабной многопроцессорной атмосферной модели

Степаненко В.М.: НИВЦ МГУ, Географический ф-т МГУ

AREA - численное моделирование мезомасштабных атмосферных процессов

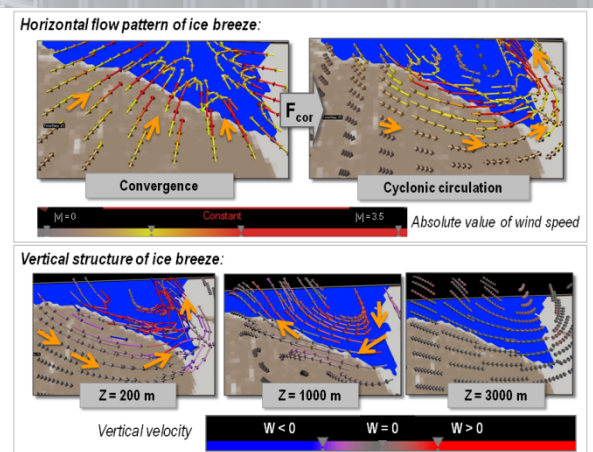
DRIVER - моделирование атмосферных циркуляций на многопроцессорных ЭВМ

STRATEGY - численное моделирование

OBJECTIVE - разработка параметризаций физических процессов, подсеточных для крупномасштабных моделей

IMPACT - повышение качества воспроизведения региональной специфики природно-климатических процессов в моделях прогноза погоды и климата

USAGE - использование новых параметризаций физических (подсеточных) процессов в моделях крупномасштабной динамики атмосферы и других мезометеорологических моделях



Разработка препаратов для терапии болезни Альцгеймера

Луцкина С.В., Махаева Г.Ф., Петров К.А., Резник В.С., Никольский Е.Е., Варфоломеев С.Д.: Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН
Институт физиологически активных веществ, РАН, Черноголовка
Институт органической и физической химии КазНЦ РАН, Казань

AREA - компьютерная разработка лекарственных препаратов

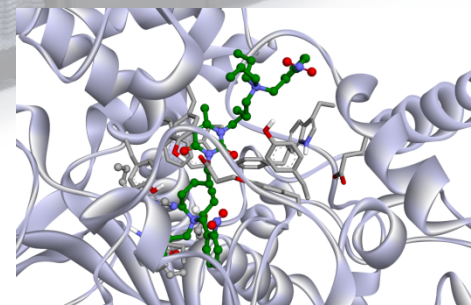
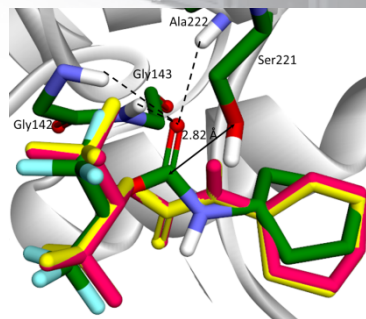
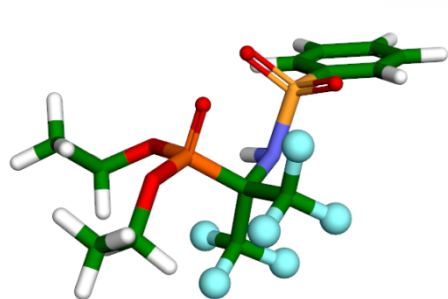
DRIVER - Исследование механизма действия существующих препаратов и разработка новых

STRATEGY - Исследование взаимодействия ингибиторов с холинэстеразами с использованием методов молекулярной динамики и молекулярного докинга

OBJECTIVE - Определение закономерностей действия существующих лекарственных препаратов терапии болезни Альцгеймера и разработка новых

IMPACT - разработка новых эффективных лекарственных препаратов с минимальными побочными эффектами

USAGE - терапия болезни Альцгеймера



Моделирование динамики белковой молекулы ферментов

Луцкекина С.В., Peters J., Masson P.: Институт биохимической физики им. Н.М. Эммануэля РАН, Universite Joseph Fourier, Grenoble, France, Institute of Structural Biology, Grenoble, France

AREA - компьютерное исследование биофизики макромолекул

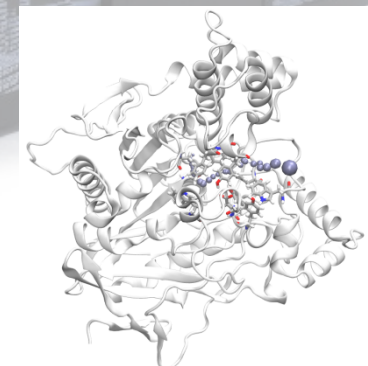
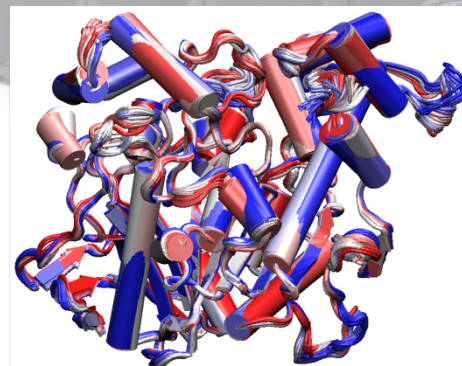
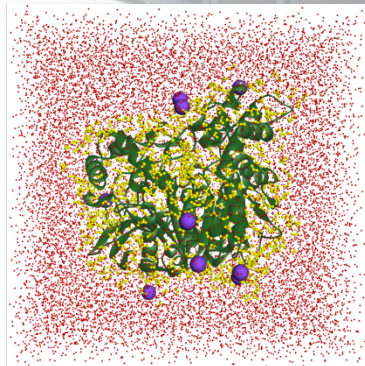
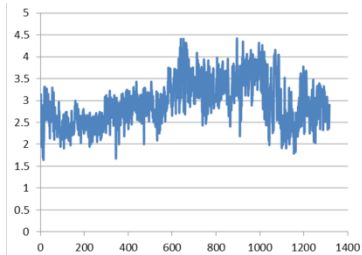
DRIVER - исследований особенностей конформационных изменений в белковых молекулах холинэстераз

STRATEGY - Молекулярно-динамическое исследование динамики белковых молекул холинэстераз

OBJECTIVE - изучение режима конформационных изменений в белковых молекулах холинэстераз и изменения радиуса канала, ведущего к активному центру

IMPACT - более глубокое понимание закономерностей функционирования холинэстераз

USAGE - использование при разработке препаратов для терапии болезни Альцгеймера



Турбулентная астрофизическая конвекция и магнито-конвекция в сжимаемых быстровращающихся сферических оболочках

Кузанын К.М., Обридко В.Н.: ИЗМИРАН

AREA - Трехмерное прямое численное моделирование астрофизической конвекции

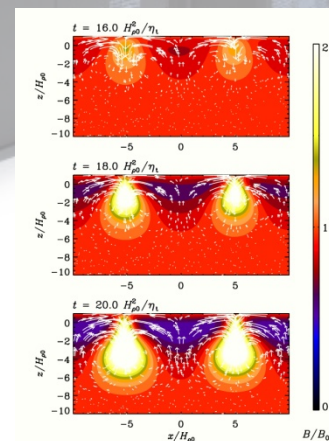
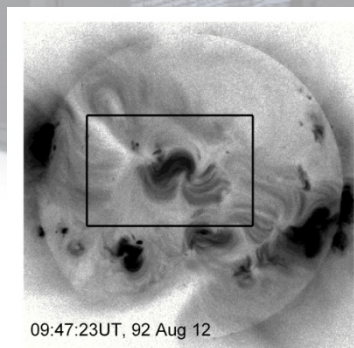
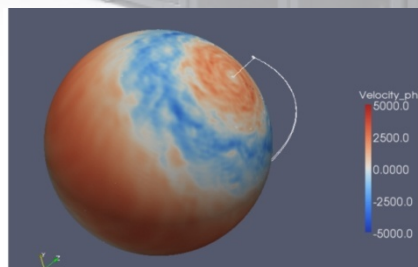
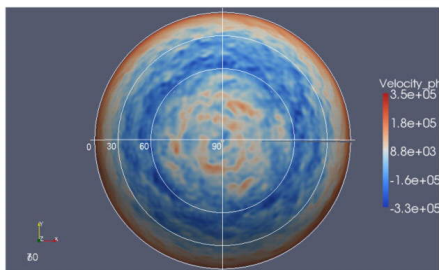
DRIVER - Моделирование турбулентной конвекции и магнито-конвекции и формирование структур в атмосферах гигантских планет и конвективных зонах Солнца и звезд

STRATEGY - Численное решение уравнений МГД, управляющих конвекцией и генерацией магнитного поля в быстровращающихся стратифицированных средах с разделением масштабов.

OBJECTIVE - понимание условий формирования структур в быстровращающихся турбулентных средах

IMPACT - Теоретическое понимание формирования спиральности солнечных магнитных полей

USAGE - Улучшение методов предсказания солнечной погоды



Изучение переноса ионов через биологические мембраны

Черепанов Д.А.: Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина,
РАН, Мулкиджанян А.Я., Скулачев В.П.: ИФХБ МГУ имени М.В.Ломоносова

AREA использование суперкомпьютеров для разработки новых
фармакологических препаратов

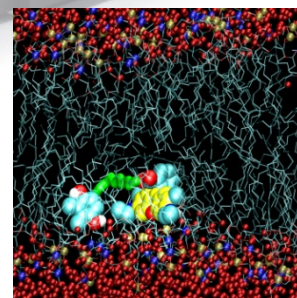
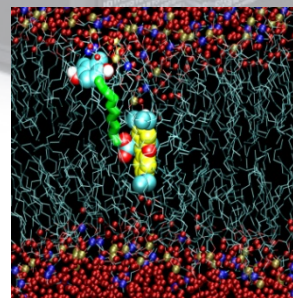
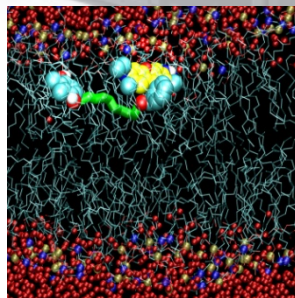
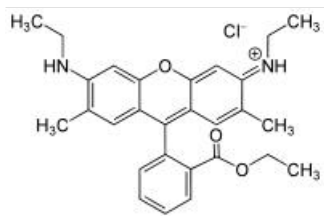
DRIVER изучение влияния химической природы проникающих ионов на механизм их
диффузионного переноса через липидную мембрану

STRATEGY применение потенциала средней силы в молекулярно-динамическом
моделировании

OBJECTIVE изучение механизма действия ионных антиоксидантов, способных
избирательно накапливаться во внутренних мембранах митохондрий и защищать
липиды этих мембран от перекисного окисления

IMPACT значительное сокращение стоимости экспериментальных исследований,
исследование молекулярного механизма действия фармакологического препарата.

USAGE разработка эффективных препаратов с направленным
фармакологическим действием



Суперкомпьютерное моделирование полиамфифилов

Халатур П.Г., ИНЭОС РАН, Хохлов А.Р., Иванов В.А.: МГУ имени М.В.Ломоносова,
Криксин Ю.А.: Институт прикладной математики РАН

AREA Науки о полимерах

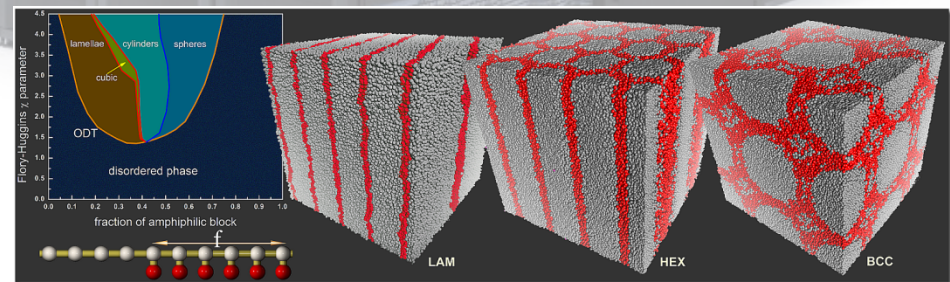
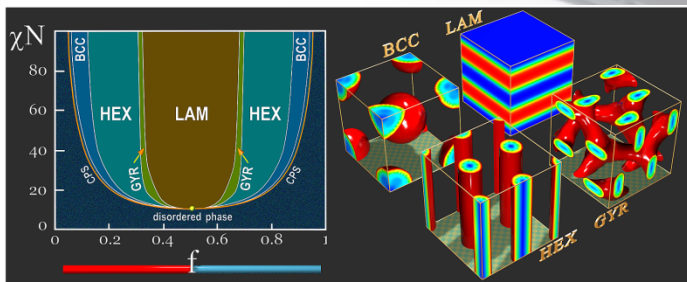
DRIVER Разработка новых наноматериалов на основе высокопроизводительных вычислений

STRATEGY Использование методов многомасштабного моделирования для изучения свойств самоорганизующихся умных полимеров

OBJECTIVE Фундаментальное понимание механизмов самоорганизации сополимеров

IMPACT Новые функциональные полимерные наноматериалы

USAGE Перспективные наноматериалы, солнечные батареи, плазменные и жидкокристаллические панели



Проектирование ультразвуковых томографов

Гончарский А.В., Овчинников С.Л., Романов С.Ю.: НИВЦ МГУ имени М.В.Ломоносова

AREA Ультразвуковая томография

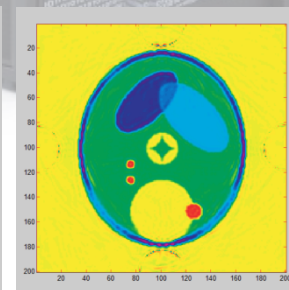
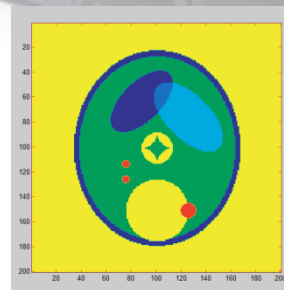
DRIVER Неразрушающие исследования внутренней структуры объекта.

STRATEGY Решение трехмерной нелинейной коэффициентной обратной задачи для волнового уравнения на суперкомпьютерах.

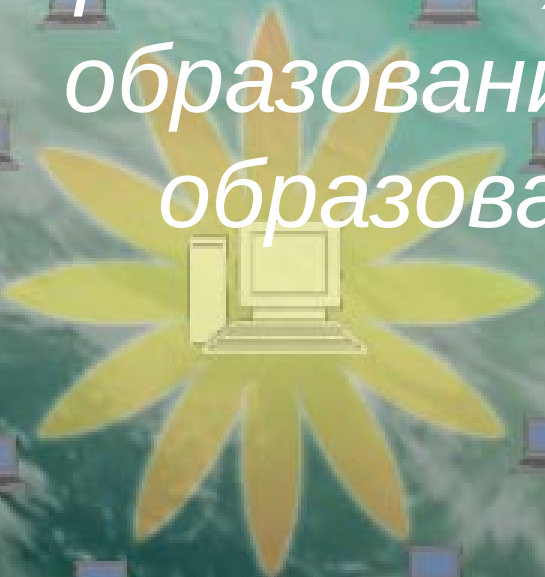
OBJECTIVE Изучение внутренней структуры объекта со сверхвысоким разрешением с помощью волнового зондирования.

IMPACT Прорывные компьютерные технологии для неразрушающей диагностики с помощью волнового зондирования.

USAGE Ультразвуковая томография в медицине, волновое зондирование приповерхностных слоев Земли, промышленная томография.



Суперкомпьютерное
образование,
образование,
образование...



Суперкомпьютерное образование – зачем?

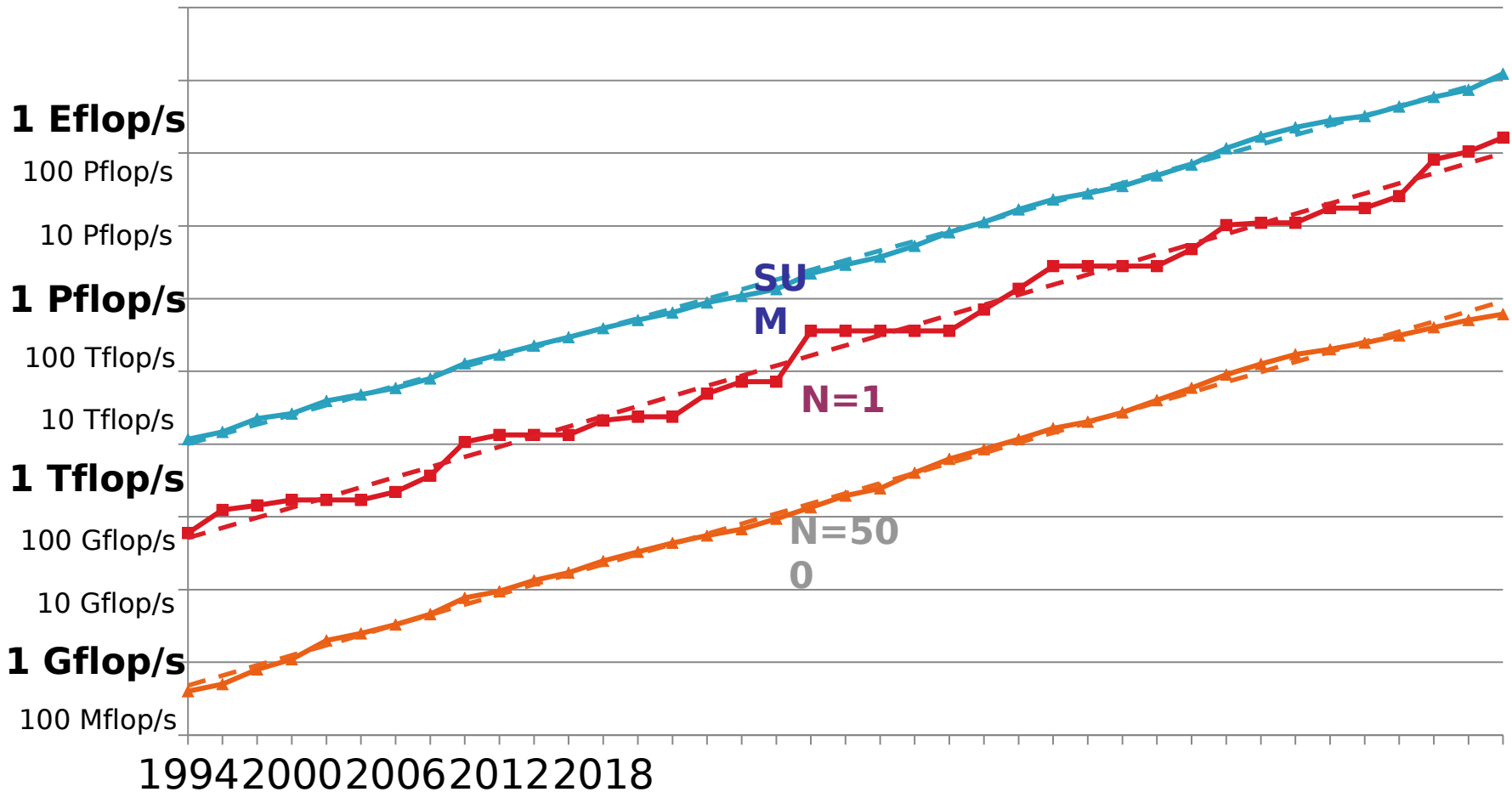
Суперкомпьютерные технологии и параллельные вычисления – почему изменения в образовании крайне важны именно сейчас?

Бакалавр – 4 года, магистр – 2 года, 2012 + 6 лет обучения = 2018 г.,

Если начнем сейчас, то к 2018 году появятся первые выпускники, владеющие параллельными вычислениями...

Компьютерный мир 2018 года – что это?

Экстраполяция роста...



Суперкомпьютерное образование – зачем?

Суперкомпьютерные технологии и параллельные вычисления – почему изменения в образовании крайне важны именно сейчас?

*Бакалавр – 4 года, магистр – 2 года, 2012 + 6 лет обучения = 2018 г.,
Если начнем сейчас, то к 2018 году появятся первые выпускники,
владеющие параллельными вычислениями...*

Компьютерный мир 2018 года – это:

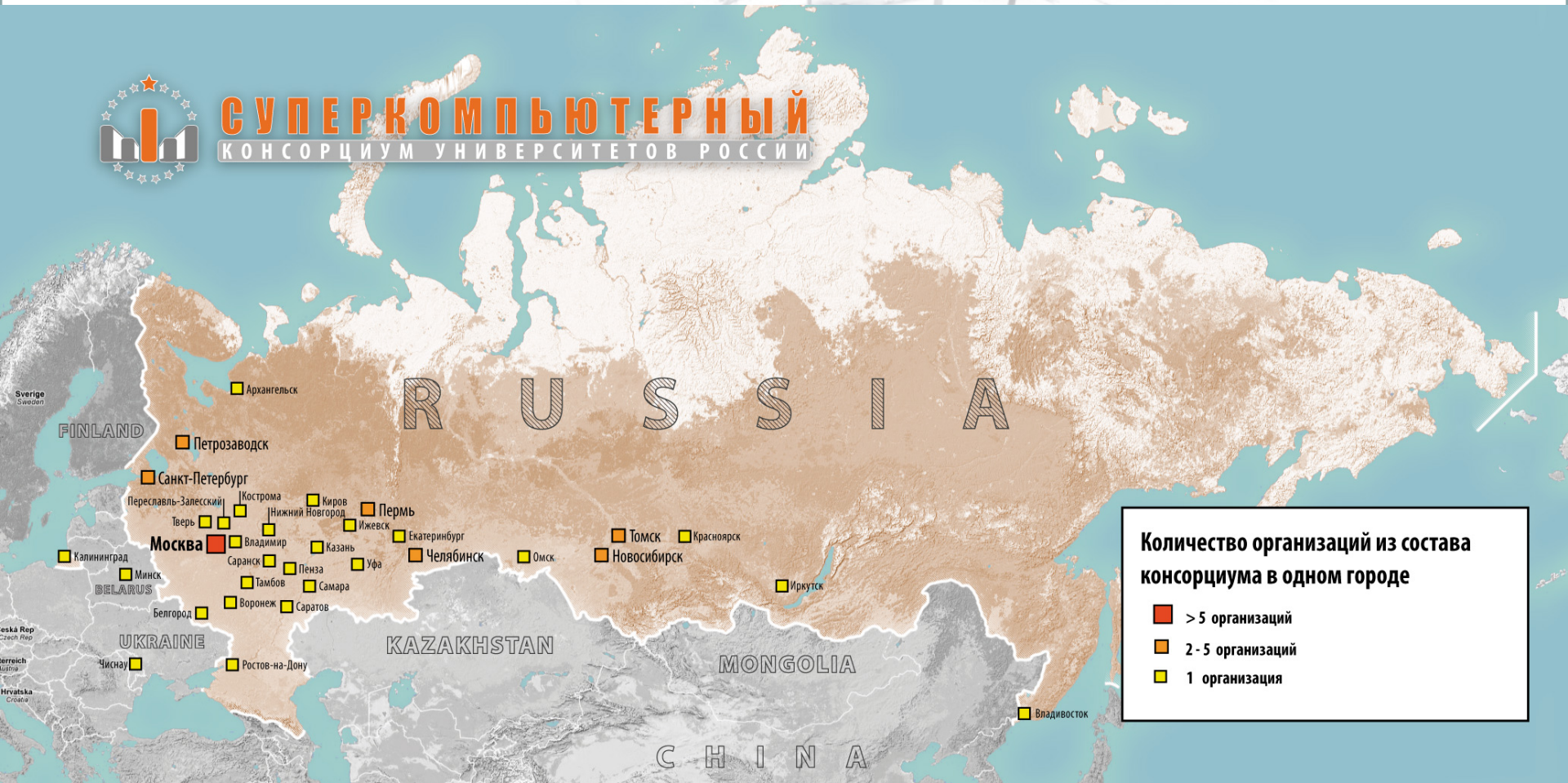
- суперкомпьютеры – *миллиарды* ядер,
- ноутбуки – *тысячи* ядер,
- мобильные устройства – *десятки и сотни* ядер.

Необходимо срочно вводить идеи параллельных вычислений в учебный процесс как обязательный элемент компьютерного образования.

Суперкомпьютерный консорциум университетов России – основа выполнения проекта “Суперкомпьютерное образование” (<http://hpc-russia.ru>)



СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫЙ
КОНСОРЦИУМ УНИВЕРСИТЕТОВ РОССИИ



2012 – 50+ полных и ассоциированных членов





Проект “Суперкомпьютерное образование” Комиссии при Президенте РФ по модернизации и технологическому развитию экономики России

Головной исполнитель: *Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова*

Руководитель работ: *ректор МГУ, академик В.А.Садовничий*

Соисполнители проекта:

- *Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет*
- *Национальный исследовательский Томский государственный университет*
- *Национальный исследовательский Южно-Уральский государственный университет*
- *Национальный исследовательский Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики*
- *Южный федеральный университет*
- *Дальневосточный федеральный университет*
- *Московский физико-технический институт (государственный университет)*
- *члены Суперкомпьютерного консорциума университетов России*

Исполнители проекта: более **600** человек, в проект вовлечено **63** университета.





Общая характеристика проекта

Все работы по проекту формируют шесть взаимосвязанных задач.

Задача 1. Создание национальной сети научно-образовательных центров суперкомпьютерных технологий.

Задача 2. Разработка учебно-методического обеспечения системы подготовки, переподготовки и повышения квалификации кадров в области суперкомпьютерных технологий.

Задача 3. Реализация образовательных программ подготовки, переподготовки и повышения квалификации кадров в области суперкомпьютерных технологий.

Задача 4. Развитие интеграции фундаментальных и прикладных исследований и образования в области суперкомпьютерных технологий. Взаимодействие с РАН, промышленностью, бизнесом.

Задача 5. Расширение международного сотрудничества в создании системы суперкомпьютерного образования.

Задача 6. Разработка и реализации системы информационного обеспечения общества о достижениях в области суперкомпьютерных технологий.

Данные 6 задач образуют **26 мероприятий проекта.**



Национальная Система Научно-образовательных центров суперкомпьютерных технологий (НОЦ СКТ)



Система НОЦ СКТ: 8 центров в 7 федеральных округах России.

Свод знаний и умений в области суперкомпьютерных технологий

Основные **5** разделов верхнего уровня Свода знаний и умений:

- 1.** Математические основы параллельных вычислений.
- 2.** Параллельные вычислительные системы (компьютерные основы).
- 3.** Технологии параллельного программирования (основы программной инженерии).
- 4.** Параллельные алгоритмы решения задач.
- 5.** Параллельные вычисления, большие задачи и конкретные предметные области.

Число разделов первых трех уровней Свода Знаний и умений – **200**, число базовых понятий Свода – более **400**.

Структура Свода согласована с рекомендациями международных профессиональных сообществ ACM и IEEE Computer Society.

Свод знаний и умений в области суперкомпьютерных технологий

1. Математические основы параллельных вычислений

1.1. Графовые модели программ

1.1.1. Операционное и информационное отношение

1.1.2. Компактные модели и истории

1.1.3. Граф управления, информационный граф, операционная и информационная история

1.1.4. Свойства информационной зависимости и информационной независимости

1.1.5. Ярусно-параллельная форма, критический путь графа

...

1.2. Концепция неограниченного параллелизма

1.3. Тонкая информационная структура программ

1.3.1. Теория построения графа алгоритма

1.3.2. Параллельная структура программ

...

1.4. Эквивалентные преобразования программ

1.4.1. Теория эквивалентных преобразований программ

1.4.2. Элементарные преобразования циклов

...

1.5. Модели вычислений для компьютерных систем

1.6. Математические модели параллельных вычислений

1.7. Математические модели систолических массивов

...

Реализация программ подготовки специалистов начального уровня по суперкомпьютерным технологиям



- обучение прошли – **1824** человека,
- программа обучения – не менее 72 часов,
- все федеральные округа Системы НОЦ СКТ России



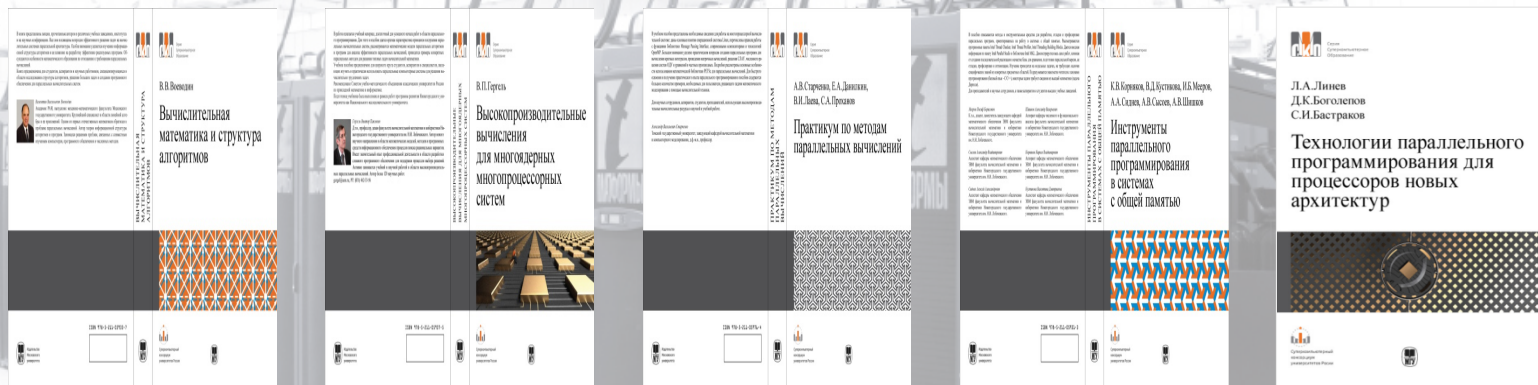
В программу подготовки вовлечены – **45** вузов из **34** городов России.

Реализация программ подготовки специалистов начального уровня по суперкомпьютерным технологиям

Примеры учебных программ подготовки специалистов начального уровня по суперкомпьютерным технологиям:

- «Основы применения параллельных вычислений на основе Windows2008 HPC, Visual Studio 2011 и Intel Parallel 2011»,
- «Параллельное программирование и высокопроизводительные вычисления»,
- «Суперкомпьютерные технологии, параллельные вычисления и их приложения»,
- «Высокопроизводительные вычисления в прикладном численном моделировании»,
- «Многопоточные вычисления на основе технологий CUDA и OpenCL»,
- «Многопоточные вычисления на основе технологий MPI и OpenMP»,
- «Суперкомпьютерные технологии с использованием прикладных пакетов»,
- «Суперкомпьютерные технологии для гибридных кластерных систем»,
- «Параллельные алгоритмы в электродинамике»,
- ...

Серия книг “Суперкомпьютерное образование” (бакалавриат, магистратура)



Всего в серии – более 25 книг российских и зарубежных авторов.
Бесплатное распространение по 43 университетам (от 10 до 50 экз.)
- уже передано в университеты более 7000 книг.
Серия методических пособий “Суперкомпьютерное образование”.

Серия книг “Суперкомпьютерное образование” (бакалавриат, магистратура)



Е. А. Гречников, С. В. Михайлов,
Ю. В. Нестеренко, И. А. Поповян

**Вычислительно сложные
задачи теории чисел**



В. Н. Лыкосов, А. В. Глазунов, Д. В. Кулямин,
Е. В. Мортиков, В. М. Степаненко

**Суперкомпьютерное
моделирование в физике
климатической системы**

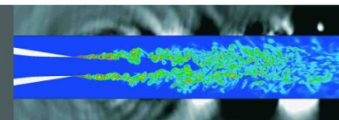


**Параллельные вычисления
на GPU: архитектура
и программные модели**



В. М. Головизнин, М. А. Зайцев,
С. А. Каравасов, И. А. Короткин

**Новые алгоритмы
вычислительной гидродинамики
для многопроцессорных
вычислительных комплексов**



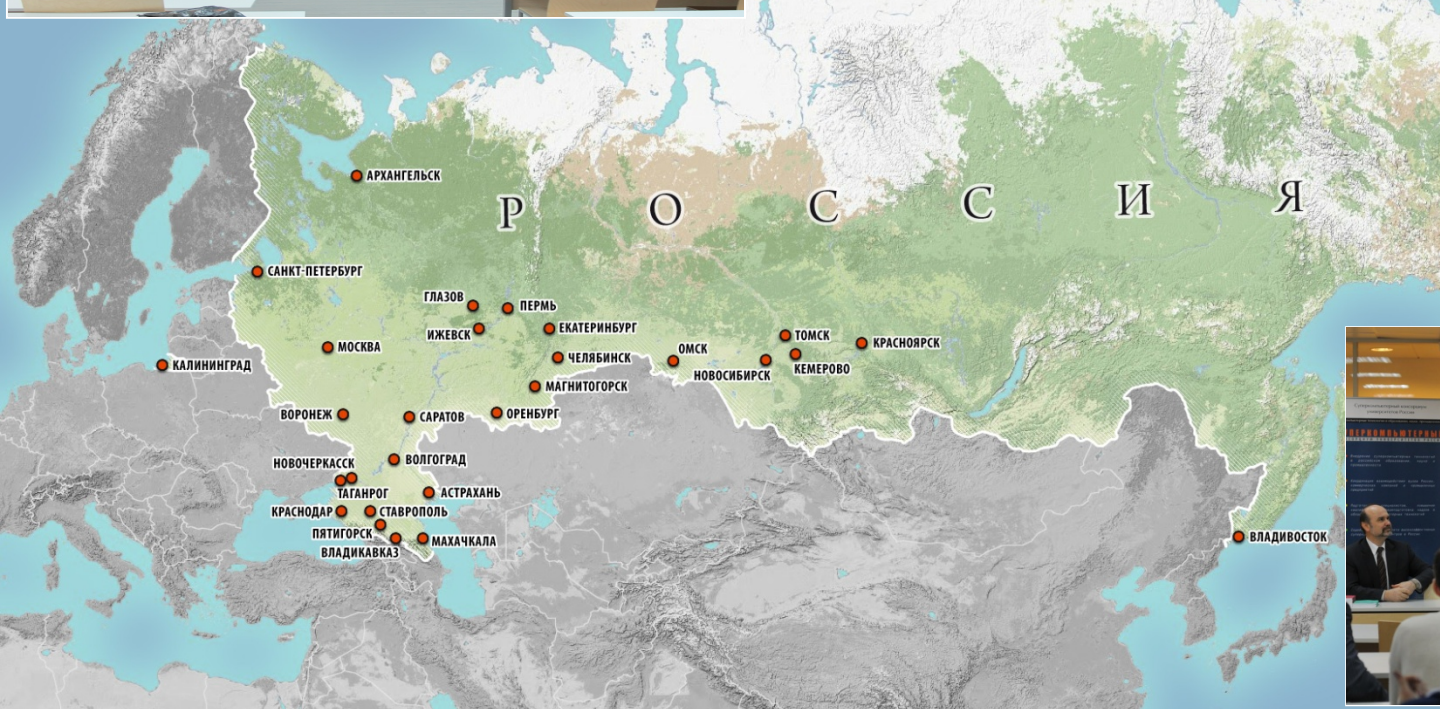
А. С. Антонов

**Технологии параллельного
программирования
MPI и OpenMP**



Серия
Суперкомпьютерное
Образование

Реализация программ переподготовки и повышения квалификации профессорско-преподавательского состава



Повышение квалификации **166** сотрудников **43** организаций из **29** городов России,
8 программ обучения, **72** часа

Разработка новых и расширение существующих учебных курсов, модернизация существующих программ подготовки

Выполнена работа по разработке новых и расширению существующих учебных курсов, всего **37** курсов, которые покрывают все главные разделы Свода знаний и умений в области суперкомпьютерных технологий:

- «Технологии параллельного программирования для процессоров новых архитектур»
- «Параллельные численные методы»
- «Технологии построения и использования кластерных систем»
- «Алгоритмы и анализ сложности»
- «Теория и практика многопоточного программирования»
- «Суперкомпьютерные технологии в атомистическом моделировании»
- «Введение в распараллеливание алгоритмов и программ»
- «Безопасность и криптографическая защита кластерных вычислений»
- «Естественные модели параллельных вычислений»
- «Возможности открытых пакетов для решения задач механики сплошной среды с использованием параллельных вычислений»
- «Программирование FPGA и их использование для высокопроизводительных вычислений»
- «Решение задач аэро- и гидродинамики в системе автоматизированного инженерного анализа FlowVision»
- и другие...

Целевая интенсивная подготовка в области суперкомпьютерных технологий в рамках специальных групп

Успешно выполнено крайне сложное мероприятие проекта – целевая интенсивная подготовка в области суперкомпьютерных технологий в рамках специальных групп:

- Программа обучения 72 часа,
- Сформировано 18 спецгрупп,
- Успешно закончили обучение **427** человек,
- Обучение по 14 программам,
- Все федеральные округа Системы НОЦ СКТ.

Обучение суперкомпьютерным технологиям в рамках специальных групп

Начало – октябрь, 2009 г., 40 чел.

Подготовка спецгруппы в МГУ, 24 октября – 14 ноября 2011г.

55 студентов (математики, физики, химики, биологи...)

Обучение в сотрудничестве с:

- Intel,
- T-Платформы,
- NVIDIA,
- ТЕСИС,
- IBM,
- Нефтегазовый центр МГУ,
- ИПМ имени М.В.Келдыша РАН, IBM РАН.

Разработка совместно со специалистами РАН, представителями промышленности и бизнеса научно-методических материалов

Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
"Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова"



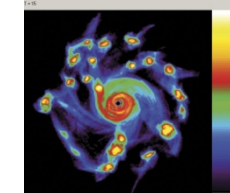
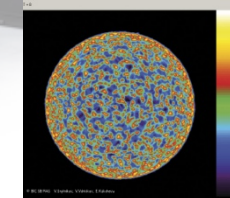
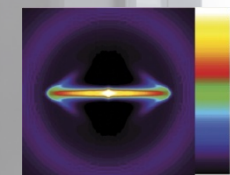
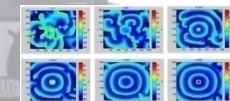
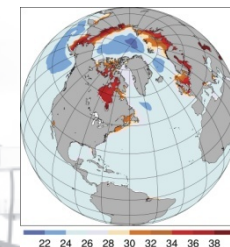
Аналитическая записка

«Суперкомпьютеры и высокопроизводительные вычисления в нефтегазовой отрасли»

Ректор МГУ имени М.В. Ломоносова
академик Садовничий В. А.

Исполнительный директор НОЦ «Суперкомпьютерные технологии» МГУ»
член-корреспондент РАН Боевдин В. В.

Исполнительный директор НОЦ «Нефтегазовый центр МГУ»
Токарев М.Ю.



Расширение международного сотрудничества в рамках создания системы подготовки кадров в области СКТ

Разработаны и реализованы **3** типовые совместные образовательные программы в области СКТ (подготовка магистров, аспирантов, повышение квалификации).

Заключено **47** соглашений с зарубежными организациями об установлении партнерских отношений в области суперкомпьютерных технологий: суперкомпьютерный центр Барселоны (Испания), компания RougeWave (США), институт вычислительных наук университета Хайдельберга (Германия), университет Айзу (Япония), университет Нанси (Франция), университет Массачусетса (США), университет Манчестера (Англия) и многие другие, всего организации из **22** стран:

В рамках НОЦ СКТ привлечено **24** ведущих зарубежных ученых: Донгарра Джек (Jack Dongarra), заслуженный профессор университета Теннесси, (неформально – это человек №1 в суперкомпьютерном мире), Слот М.А. Питер (Peter M.A. Sloot), профессор университета Амстердама, лауреат российского конкурса приглашенных ведущих ученых, Торстен Хефлер (Torsten Hoefler), адъюнкт-профессор университета Иллинойса Урбана-Кампейн, Национальный центр по применению суперЭВМ, Соса Карлос (Carlos P. Sosa), адъюнкт-профессор Университета Миннесоты, Рочестер, главный исследователь Института по суперкомпьютерным вычислениям штата Миннесота, и многие другие, всего ученые из **11** стран.



Интернет-центр «Суперкомпьютерное образование». Доступность результатов проекта (<http://hpc-education.ru>)

Вступительное слово ректора МГУ имени М.В.Ломоносова академика В.А.Садовниченко | СУПЕРКОМПЬЮТЕРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ - Mozilla Firefox

Файл Правка Вид Журнал Закладки Инструменты Справка

<http://hpc-education.ru/>

Мультиязык СКИФ-МГУ Check Birthday DSPAM v3 Control Ce... ClustRX Graphit HOPSA-mon Lomonosov

СУПЕРКОМПЬЮТЕРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Интернет-центр системы образовательных ресурсов в области СКТ

О ПРОЕКТЕ

- Вступительное слово ректора МГУ имени М.В.Ломоносова В.А.Садовниченко
- Аннотация 2010г.
- Аннотация 2011г.
- Индикаторы проекта
- Отчет 2010г.

СИСТЕМА НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ЦЕНТРОВ

- Состав системы НОЦ, координаты центров
- Цели и задачи системы НОЦ
- Суперкомпьютерные ресурсы

СВОД ЗНАНИЙ СКТ

- Что такое свод знаний СКТ
- Структура предметной области

УЧЕБНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

- Учебные курсы по СКТ
- Интернет-университет суперкомпьютерных технологий
- Коллективный банк тестов Сигма
- Планируемая к изданию литература

НОВОСТИ

- Информация о проведенных мероприятиях, группах обучения, курсах и другой деятельности НОЦ
- Координационное совещание
- Россия не имеет права отставать в СуперЭВМ - Виктор Садовничи

НПС СООБЩЕСТВО

- Суперкомпьютерный консорциум университетов России
- НПС конференции
- Мастер-классы и молодежные школы
- НПС Конкурсы
- Регулярные семинары
- Взаимодействие с ведущими зарубежными специалистами
- Мировой опыт: университеты
- Мировой опыт: специалисты
- Отечественные ВУЗы, институты РАН и IT-компании, активно вовлеченные в НПС

НПС И ОБЩЕСТВО

- Публикации, фото- и видеотчеты, "О нас пишут"
- Фильмы, записи

Вступительное слово ректора МГУ имени М.В.Ломоносова академика В.А.Садовниченко

Добрый день!

Вы находитесь в Интернет-центре системы образовательных ресурсов в области суперкомпьютерных технологий. Этот ресурс создан в рамках реализации проекта комиссии Президента РФ по модернизации и технологическому развитию экономики России «Создание системы подготовки высококвалифицированных кадров в области суперкомпьютерных технологий и специализированного программного обеспечения». Инициатор создания Интернет-центра - Суперкомпьютерный консорциум университетов России.

Цель нового ресурса – представить научно-образовательному сообществу страны широкий доступ к уникальным материалам и базе знаний в области НПС, столь необходимым для эффективной подготовки высококвалифицированных кадров в области суперкомпьютерных технологий. На сайте собран опыт преподавания суперкомпьютерных технологий в таких авторитетных вузах России, как МГУ им.М.В.Ломоносова, СПбГУ ИТМО, ННГУ им.Н.И.Лобачевского, ТГУ, ЮУрГУ и других участниках Суперкомпьютерного консорциума университетов России. Всем известно, как стремительно развиваются сегодня суперкомпьютерные технологии, потому авторы проекта намерены вести постоянное обновление и наполнение данного ресурса новыми материалами.

В разделах Интернет-центра можно познакомиться с таким уникальным документом, формирование которого идет в рамках проекта по суперкомпьютерному образованию, как Свод знаний и умений в области суперкомпьютерных технологий (СКТ) и принять участие в работе над его созданием. Здесь представлена деятельность Научно-образовательных центров в области СКТ, созданных в федеральных округах России, новые учебные курсы и программы, разработанные с учетом рекомендаций Свода знаний и умений и международного опыта, существующая и разрабатываемая нормативная база в области СКТ, в частности, рекомендации по расширению ФГОС по направлению «Фундаментальная информатика и информационные технологии», а также информация о международных, федеральных, региональных учебно-научных мероприятиях и событиях, участие в которых важно для членов нашего научно-образовательного сообщества.

Стоит особо отметить, что вся информация, размещаемая на страницах этого ресурса, проходит строгую экспертную оценку. Высокое качество материалов Интернет-центра системы образовательных ресурсов в области СКТ – так же является сферой ответственности участников Суперкомпьютерного консорциума университетов России.

Деятельность Интернет-центра наглядно демонстрирует тот вклад, который внесли участники Суперкомпьютерного консорциума университетов России в создание национальной системы подготовки высококвалифицированных кадров в области суперкомпьютерных технологий. А так же их четкое понимание ответственности за подготовку высококвалифицированных специалистов и формирование прочного научного фундамента, столь необходимого для эффективного использования суперкомпьютерных технологий на практике.

Решение стратегических задач государственного развития в области СКТ во многом зависит от результатов нашей совместной деятельности, системного партнерства всех вузов в направлении формирования интеллектуальной среды нового времени.

*Ректор Московского университета,
Президент Суперкомпьютерного консорциума университетов России,
академик, профессор*

В.А.Садовничи



Основные результаты проекта в 2011 г.

- Создана национальная Система научно-образовательных центров суперкомпьютерных технологий: **8** НОЦ в **7** федеральных округах России,
- Разработан **Свод** знаний и умений (профессиональных компетенций) в области суперкомпьютерных технологий,
- Выработаны предложения по расширению федерального государственного образовательного стандарта третьего поколения по направлениям «Прикладная математика и информатика» и «Математика»,
- Вовлечено в проект **63** университета,
- Обучение начального уровня по суперкомпьютерным технологиям прошли **1824** человека, **45** вузов из **34** городов России,
- Реализованы программы повышения квалификации профессорско-преподавательского состава: **166** человек из **43** организаций России,
- Прошли подготовку с использованием технологий дистанционного обучения: **251** человек из **100** городов России,
- Подготовлено, издано и передано в **63** университета более **7000** книг серии СКО,
- Разработаны новые и расширены существующие учебные курсы: **37** курсов,
- Выполнена подготовка в области суперкомпьютерных технологий в рамках специальных групп: **18** спецгрупп, **427** человек,
- Заключено соглашений о сотрудничестве в области СКТ: **69** с российскими и **47** с зарубежными организациями, к работе в рамках проекта привлечены **24** ведущих зарубежных ученых,
- ...

Профессиональная сертификация уровня знаний в области параллельных вычислений и суперкомпьютерных технологий

- Сертификация призвана зафиксировать обладание человеком *предопределенного уровня знаний по конкретной предметной области:*
 - Суперкомпьютерные технологии и параллельные вычисления,
 - Технологии параллельного программирования Intel,
 - Администрирование вычислительных кластеров,
 - ...
- Сертификация в некоторой области выполняется по трем уровням знаний: *Introduction, Basic, Master (Начальный, Базовый, Мастер).*
- Основа для сертификации проведения – Свод знаний по параллельным вычислениям и суперкомпьютерным технологиям.
- Сертификация знаний производится на основе обязательного выполнения человеком набора тестов в автоматизированном режиме с помощью электронной системы тестирования. Это условие необходимое, но для высших уровней знаний отдельных областей может потребоваться выполнение дополнительных заданий.

Коллективный банк тестов «СИГМА» по параллельным вычислениям (<http://sigma.parallel.ru>)




Система Тестирования - Mozilla Firefox

Файл Правка Вид Журнал Закладки Инструменты Справка

<http://sigma.parallel.ru/BankTest/Start/index.php> Google

Самые популярные Мультитран SKIF-MGU Check Birthday DSPAM v3 Control Ce... ClustrX



ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ СИСТЕМА ТЕСТИРОВАНИЯ «СИГМА»

ДОБРО ПОЖАЛОВАТЬ В СИСТЕМУ ТЕСТИРОВАНИЯ ПО
ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ ВЫЧИСЛЕНИЯМ !

Система тестирования представляет собой банк тестов — наборов вопросов для проведения тестирования по различным областям параллельных вычислений.

Вы можете воспользоваться готовыми наборами вопросов, составить свой собственный тест, отражающий особенности прочитанного Вами курса, принять участие в коллективной работе профессионалов по составлению общего банка вопросов и упражнений или же просто самостоятельно проверить свои знания по любой выбранной теме — это именно те задачи, для решения которых создана данная система.

Предлагаемые **студентам** тесты для прохождения подготовлены **преподавателями**, которые составляют их из вопросов, подготовленных большим коллективом **экспертов-профессионалов** и прошедших проверку у **редакторов** системы. Вопросы сгруппированы согласно **структуре предметной области — параллельных вычислений**. Область динамична, активно развивается, вовлекая все новых и новых специалистов, поэтому и база тестов и вопросов постоянно дополняется новым материалом.

Если у Вас возникнут вопросы, пожелания или предложения, то присылайте их нам по адресу info-sigma@parallel.ru

ВХОД В СИСТЕМУ

- ЭКСПЕРТА
- РЕДАКТОРА
- ПРЕПОДАВАТЕЛЯ

ВХОД СТУДЕНТА

Готово

Коллективный банк тестов "СИГМА" по параллельным вычислениям (<http://sigma.parallel.ru>)



The image shows three overlapping browser windows displaying test questions and answer tables. The windows are titled 'Mozilla Firefox' and show the URL http://banktest.parallel.ru/BankTest/Editor/Basic_ques/question_info_newwind.

Window 1 (Left): Множественный вопрос по теме 2.2.2. «Технология программирования OpenMP»

Отметьте верные утверждения об OpenMP:

Ответы	Верный	Вес
OpenMP ориентирован в первую очередь на написание программ для векторно-конвейерных компьютеров		-3
Большинство конструкций OpenMP реализуется с помощью спецкомментариев	да	3
Все переменные программы делятся на два класса: локальные и общие	да	3
Число параллельных процессов OpenMP приложения определяется переменной окружения	да	3
Весь параллелизм приложения реализуется с помощью параллельных циклов		-3

сложность:4 дата создания: 2008-11-03 22:04:17

Редактировать

Готово

Window 2 (Middle): Одиночный вопрос по теме 1.3.6. «Производительность параллельных компьютеров»

Умножение двух квадратных плотных вещественных матриц компьютер выполнил за 5 сек с производительностью 50 Gflop/s. Какого размера были матрицы?

сложность:7 дата создания: 2008-11-03 21:52:49

Редактировать

Готово

Window 3 (Right): Одиночный вопрос по теме 2.3.1. «Графовые модели программ»

Может ли информационная история некоторого фрагмента содержать 102 вершины и лишь 7 дуг?

Ответы	Верный	Вес
да	да	3
нет		-3

сложность:7 дата создания: 2008-11-03 21:52:49

Редактировать

Готово

Коллективный банк тестов "СИГМА" по параллельным вычислениям (<http://sigma.parallel.ru>)

Система Тестирования - Mozilla Firefox

http://banktest.parallel.ru/BankTest/Teacher/frameset.php

Самые популярные: Getting Started, Gmail, Latest Headlines, phpMyAdmin, СКИФ-МГУ, Expert, Editor, Teacher, Student, BankTest

СТАТИСТИКА ТЕСТИРОВАНИЯ

Статистика последнего времени по использованию системы:

- Зарегистрировано преподавателей: 44
- Создано тестов: 57
- Преподаватели создали студенческих групп: 85
- Зарегистрировано студентов в группах: 2756
- Количество проведенных тестирований: 162
- Количество ответов на тесты: 2530
- Всего отвечено вопросов: 66986

Готово

21:52:49

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова
Международная Летняя Суперкомпьютерная Академия

Проблемы экзафлопсных вычислений

Воеводин Вл.В.
заместитель директора НИВЦ МГУ,
член-корреспондент РАН

voevodin@parallel.ru

26 июня 2012 г., Москва