

*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова
Факультет Вычислительной математики и кибернетики*

СУПЕРКОМПЬЮТЕРЫ И ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ

(часть 1)

Вл.В.Воеводин

**Зав.кафедрой Суперкомпьютеров и квантовой информатики ВМК МГУ,
Директор НИВЦ МГУ,
Директор Филиала МГУ в г.Сарове,
чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор**

voevodin@parallel.ru

ВМК МГУ, 2024

Суперкомпьютеры – что это?

- Суперкомпьютеры – это компьютеры, которые работают значительно быстрее остальной массы современных компьютеров;
- Seymour Cray: *It's hard to define but you know when you see it*;
- Суперкомпьютеры – это компьютеры, которые занимают большой зал;
- Суперкомпьютеры – это компьютеры, которые весят больше 1 тонны;
- Суперкомпьютеры – это компьютеры, которые стоят больше \$1M ;
- Суперкомпьютеры – это компьютеры, которые сводят проблему вычислений к проблеме ввода/вывода;
- Суперкомпьютеры – это компьютеры, мощности которых немного не хватает для решения актуальных вычислительно сложных задач;

Суперкомпьютерные технологии сегодня везде



Суперкомпьютерные технологии – это инструмент **обеспечения конкурентоспособности** науки, компаний, промышленности, экономики, страны.
Сделать быстрее, дешевле, качественнее, быстрее вывести на рынок...

Суперкомпьютерные технологии – ключевой элемент сквозных технологий цифровой экономики

Сквозные технологии:

- математическое моделирование,
- искусственный интеллект,
- новые производственные технологии,
- хранение и анализ больших данных,
- технологии виртуальной и дополненной реальности,
- квантовые технологии,
- Интернет вещей,
- кибербезопасность,
- ...

Суперкомпьютерные технологии – это инструмент **обеспечения конкурентоспособности...**

Суперкомпьютерные технологии и большие данные

Лидеры рейтинга **Fortune500 Global** в 2023 году:

Rank ↕	Company ↕	Country ↕	Industry ↕	Revenue in USD ↕
1	Walmart	 United States	Retail	\$612.3 billion
2	Saudi Aramco	 Saudi Arabia	Energy	\$603.7 billion
3	State Grid	 China	Energy	\$530.0 billion
4	Amazon	 United States	Internet services and retailing	\$514.0 billion
5	China National Petroleum	 China	Petroleum	\$483.1 billion
6	Sinopec Group	 China	Petroleum	\$471.2 billion
7	ExxonMobil	 United States	Petroleum	\$413.7 billion
8	Apple	 United States	Technology	\$394.3 billion
9	Shell	 United Kingdom	Petroleum	\$386.2 billion
10	UnitedHealth Group	 United States	Health care	\$324.2 billion

Все эти компании в своей работе опираются на использование технологий больших данных и высокопроизводительные вычислительные системы.



Walmart, розничная торговля:

- годовой оборот более 600 млрд.долл., прибыль более 16 млрд.долл.,
- более 10 тыс. магазинов в 28 странах мира, 2.1 млн. сотрудников,
- темп поступления и обработки данных: 2.5 ПБайт/час (10^{15} Байт/час),
- принятие оперативных решений на основе совокупной обработки данных из 200 источников, включая: транзакционные данные, метеорологические данные, экономические данные, телекоммуникационные данные, данные социальных сетей, цены на бензин, данные о событиях в населенных пунктах, где находятся магазины и многие другие.

*In May 2021, Walmart acquired the Israeli startup Zeekit for \$200 million. Zeekit **uses artificial intelligence** to allow customers to try on clothing via a dynamic virtual platform.*

Суперкомпьютеры – что это?

*... мобильные устройства –
персональные компьютеры – серверы –
суперкомпьютеры*

Разнообразие компьютерного мира



ноутбук

процессор



персональный компьютер



смартфон



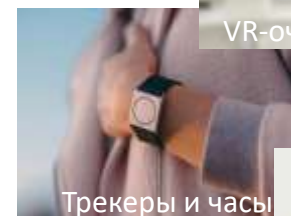
планшет



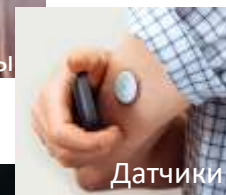
сервер



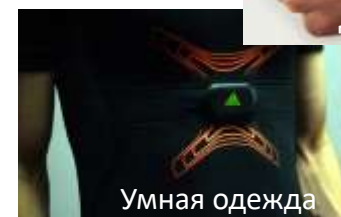
VR-очки и шлемы



Трекеры и часы



Датчики



Умная одежда

Источник: <https://mhealthcongress.ru/>



ЦОД

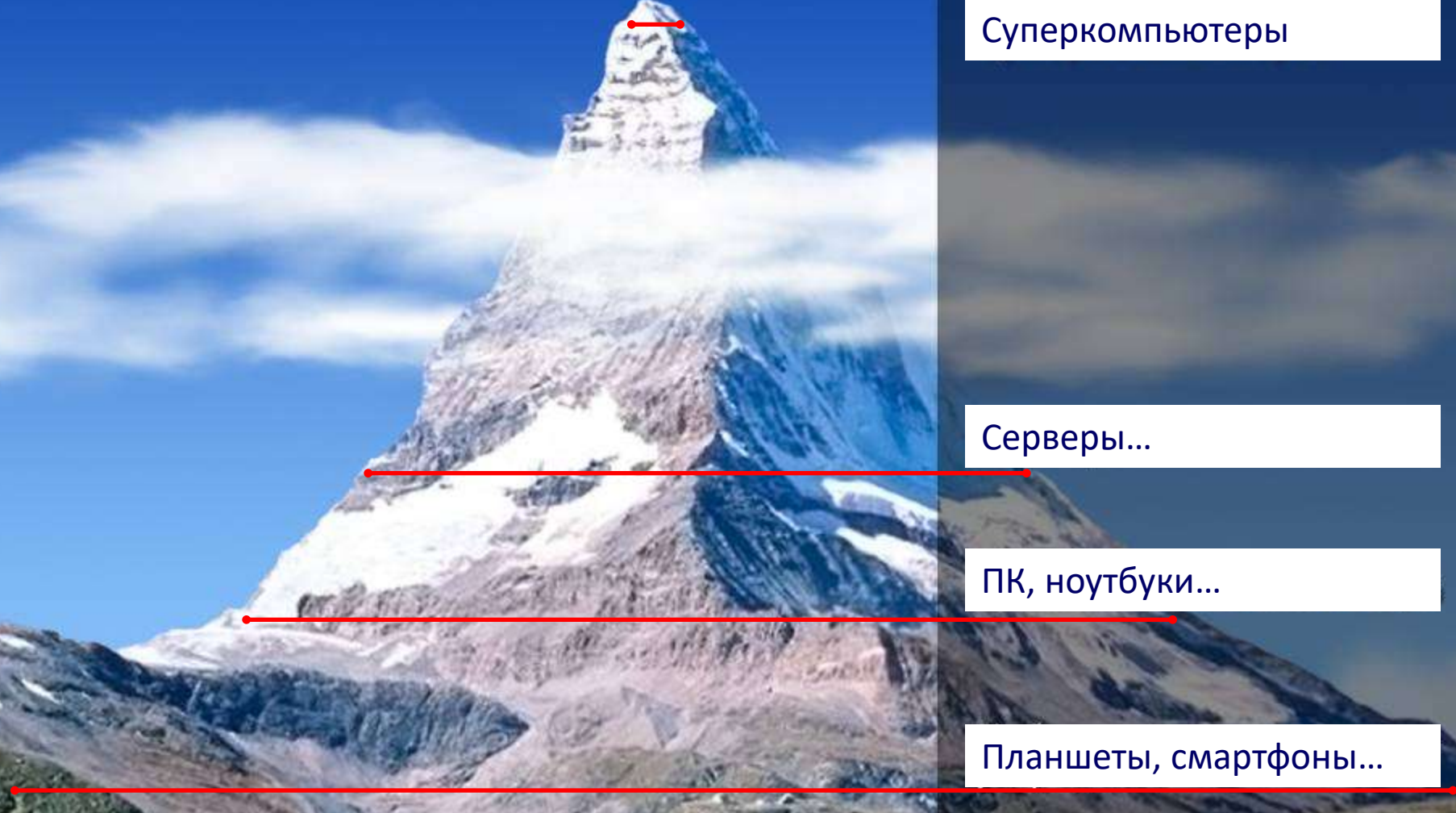


Суперкомпьютер

Интернет: объединение миллионов компьютеров



Современный компьютерный мир



Суперкомпьютеры

Серверы...

ПК, ноутбуки...

Планшеты, смартфоны...

Персональный компьютер, 2024 г. – какой он?



Производительность:
около **1000 млрд. оп/с.**

Память – 8-64 Гбайт

Диски – 500 Гбайт



Важные сокращения

Мега (Mega)	$- 10^6$	(миллион)
Гига (Giga)	$- 10^9$	(биллион / миллиард)
Тера (Tera)	$- 10^{12}$	(триллион)
Пета (Peta)	$- 10^{15}$	(квадриллион)
Экза (Exa)	$- 10^{18}$	(квинтиллион)
Зетта (Zetta)	$- 10^{21}$	(секстиллион)

Флоп/с, *Flop/s* – *F*loating point *o*perations
per *s*econd

15 Tflop/s = $15 * 10^{12}$ арифметических операций в секунду
над вещественными числами, представленными
в форме с плавающей точкой.

Важные сокращения

Мега (Mega)	$- 10^6$	(миллион)
Гига (Giga)	$- 10^9$	(биллион / миллиард)
Тера (Tera)	$- 10^{12}$	(триллион)
Пета (Peta)	$- 10^{15}$	(квадриллион)
Экза (Exa)	$- 10^{18}$	(квинтиллион)
Зетта (Zetta)	$- 10^{21}$	(секстиллион)

Флоп/с, Flop/s – Floating point operations
per second

15 Tflop/s = $15 * 10^{12}$ арифметических операций в секунду
над вещественными числами, представленными
в форме с плавающей точкой.

(Внимание: при сравнении производительности важна разрядность представления чисел: ...64,32,16,8...!)

Персональный компьютер, 2024 г. – какой он?



Запомним это!

Производительность:
около ~~1000~~ Гфлоп/с. (1Тфлоп/с)

Память – 8-64 Гбайт

Диски – 500 Гбайт

*Большие машины и суперкомпьютеры:
какие они?*

Вычислительный центр МГУ, 1956 г.



ЭВМ “Стрела”

Производительность: 2000 инстр./с

Площадь: 300 м²

Энергопотребление: 150 кВт

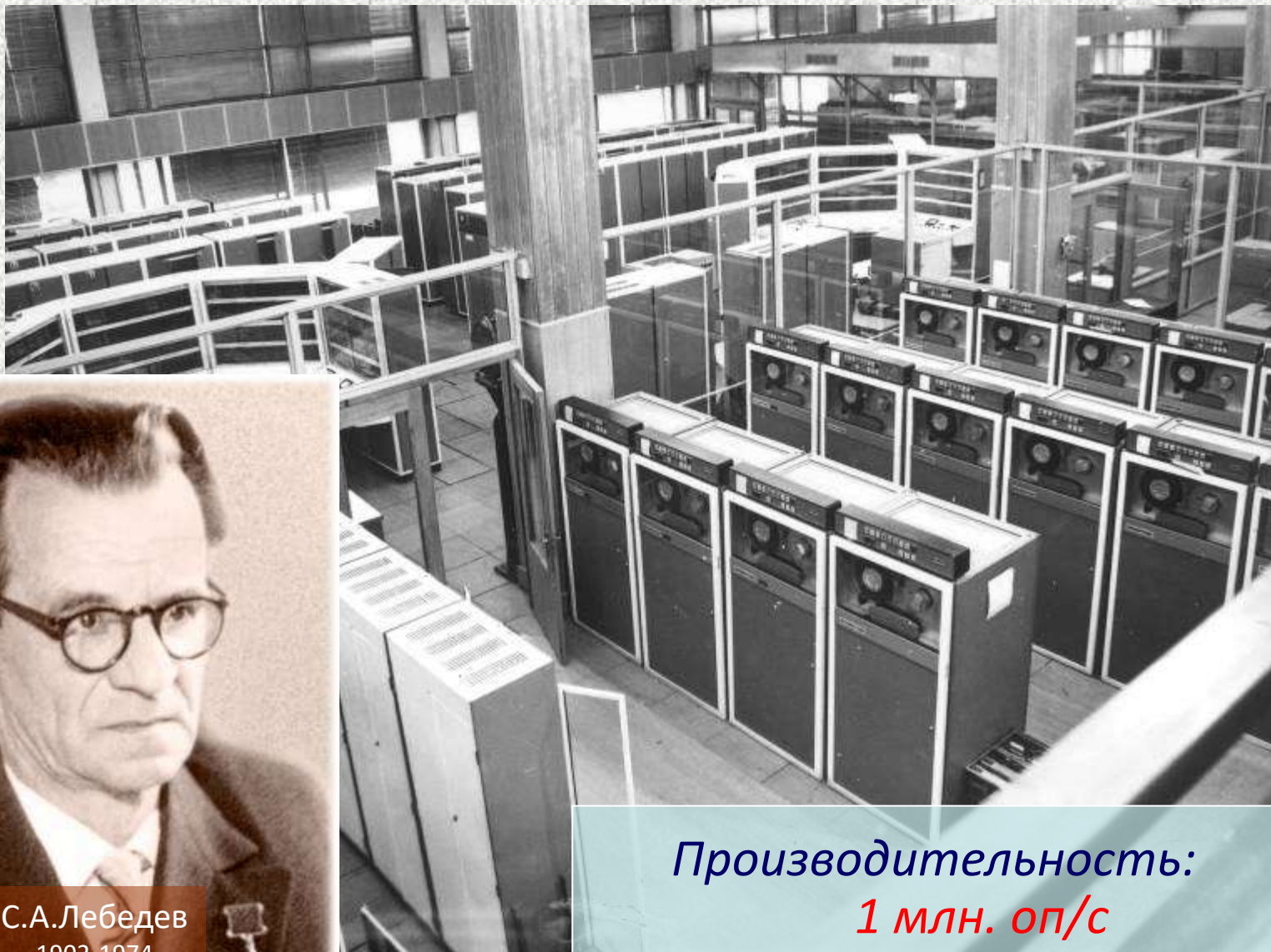
Вычислительный центр МГУ, 1959 г.

ЭВМ “Сетунь”



“Сетунь” – это первый компьютер, построенный не на двоичной, а на троичной системе счисления.

НИВЦ МГУ, ЭВМ "БЭСМ-6", 1968 г.



С.А.Лебедев
1902-1974

Производительность:
1 млн. оп/с

*Каков масштаб
Суперкомпьютерных систем сегодня?*

Суперкомпьютер IBM "RoadRunner", США

(#1 Top500 в 2008-2009 г.)



122 400 процессоров
IBM Cell + AMD Opteron.

Производительность:
1 Pflop/s.

“K Computer”, Япония

(#1 Top500 в 2011 г.)



Производитель: Fujitsu, Япония

Пик (теория): 11.3 Pflop/s

Тест Linpack: 10.5 Pflop/s

Эффективность: 93%

Число стоек: 800+

Процессор: SPARC64 VIIIfx, 2.0 GHz

Число процессорных ядер: 705 024

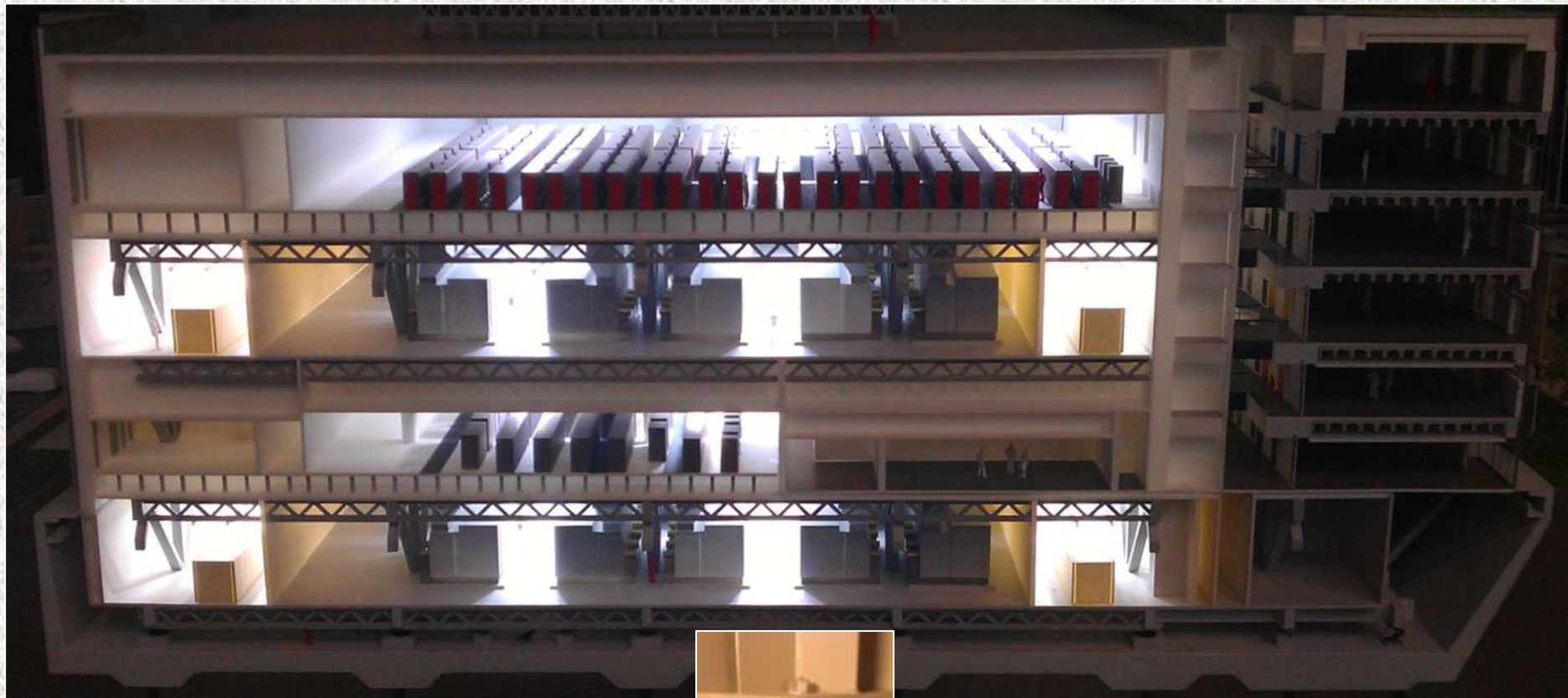
Связь между процессорами: Tofu, 6D mesh/torus

Энергопотребление: 12.6 MW



“K Computer”, Япония

(#1 Top500 в 2011 г.)



Суперкомпьютер "Sequoia", IBM BlueGene/Q, США

(#1 Top500 в 2012 г., июнь)

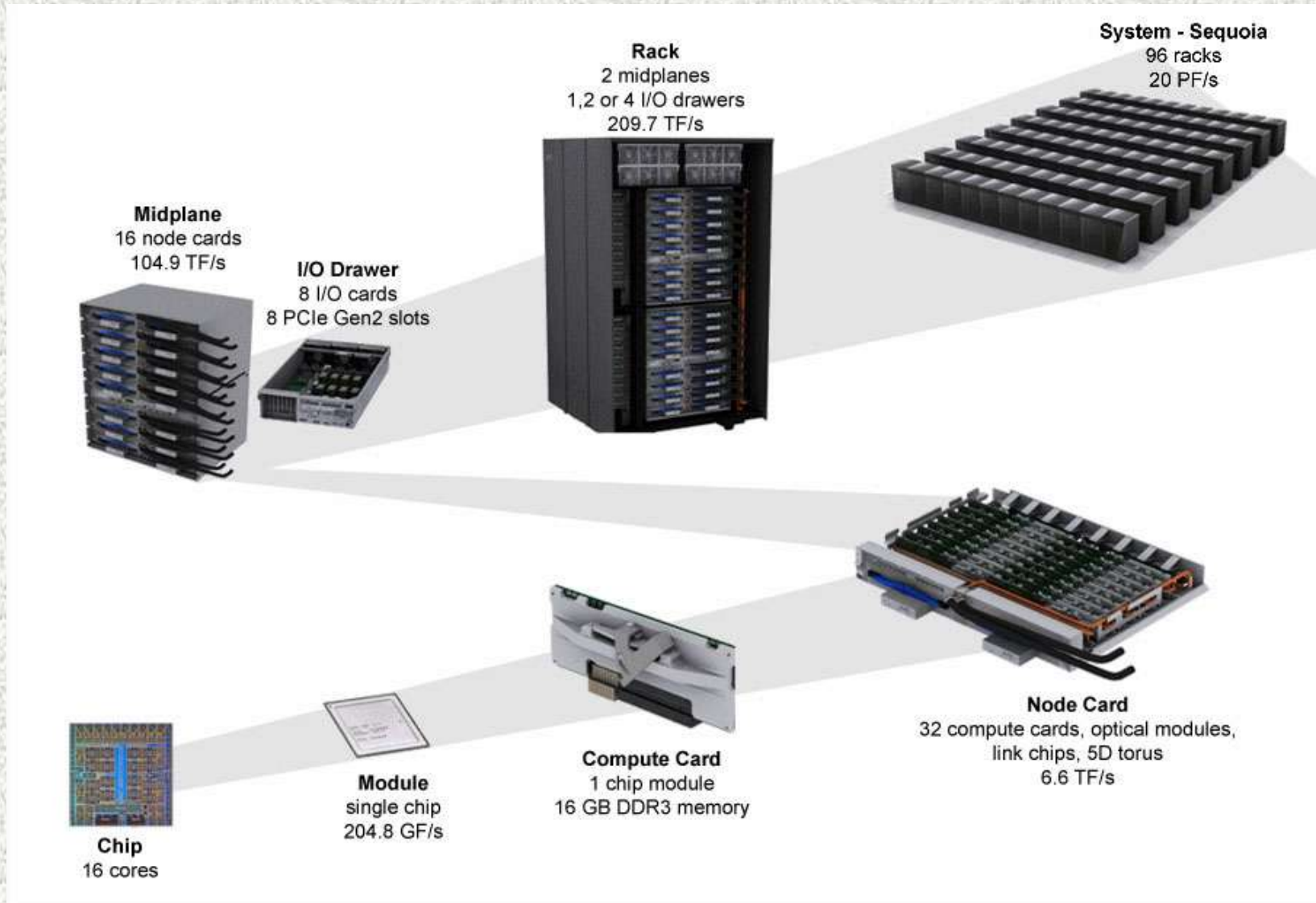


1 572 864 ядра,
IBM PowerPC A2 (64-bit),
1.6 GHz.

Связь между процессорами:
5-мерный тор

Производительность:
16.32 Pflop/s

Иерархичность архитектуры и параллелизма суперкомпьютеров (IBM BlueGene/Q, Sequoia, 2012 г.)



Суперкомпьютер "Titan", Cray XK7, США

(#1 Top500 в 2012 г., ноябрь)



18 688 вычислительных узлов:

18 688 AMD Opteron, 16-core
(299 008 ядер),
18 688 NVIDIA Tesla K20.

Производительность:

17.59 Pflop/s

Суперкомпьютер "Tianhe-2", Китай

(#1 Top500 в 2013-2015 г.)



16 000 вычислительных узлов

32 000 Intel Xeon IvyBridge, 12-core
48 000 Intel Xeon Phi (Matrix-2000)

Всего: 3 120 000 ядер

Производительность:

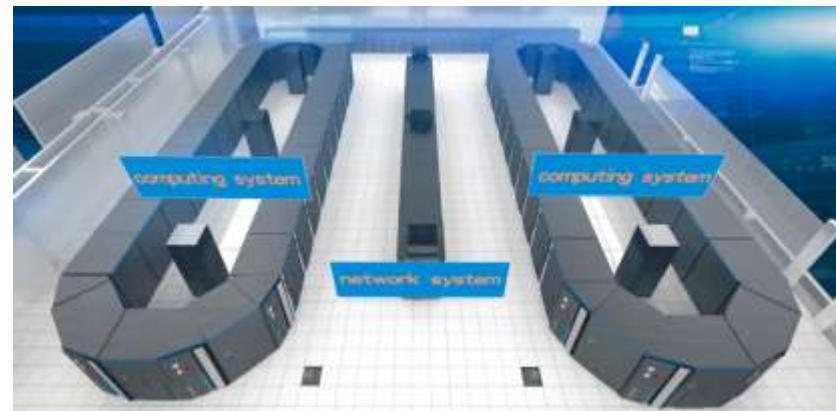
Peak (теория): 54.9 Pflop/s

Тест Linpack: 33.86 Pflop/s

Эффективность: 62%

Суперкомпьютер Sunway TaihuLight, Китай

(#1 Top500 в 2016-2017 г.)



40 960 вычислительных узлов
40 960 CPUs (SW26010, 260 ядер)

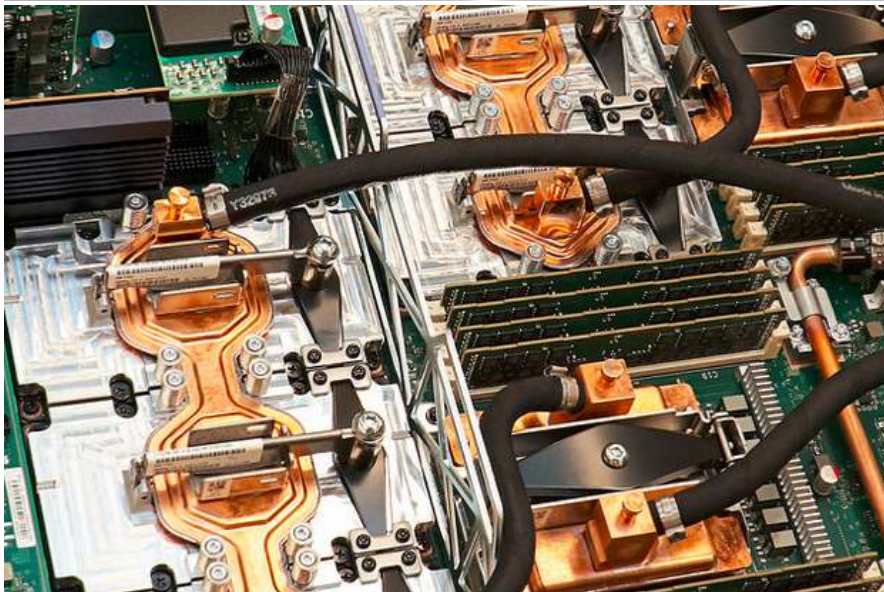
Всего: **10 649 600** процессорных ядер

Производительность:
Пик (теория): 125.4 Pflop/s
Тест Linpack: 93 Pflop/s (74%)

Оперативная память = 1.31 Пбайт
HDD = 20 Пбайт

Суперкомпьютер IBM Summit, США

(#1 Top500 в 2018-2019 г.)



4 608 вычислительных узлов,
в каждом узле:
2 x CPUs (IBM Power9, 22 ядра)
6 x GPU (NVIDIA Tesla V100)

Производительность:
Пик (теория): 200.8 Pflop/s
Тест Linpack: 148.6 Pflop/s (74%)

Оперативная память = 10 Пбайт
HDD = 250 Пбайт

Суперкомпьютер Fujitsu Fugaku, Япония

(#1 Top500 в 2020-2021 г.)



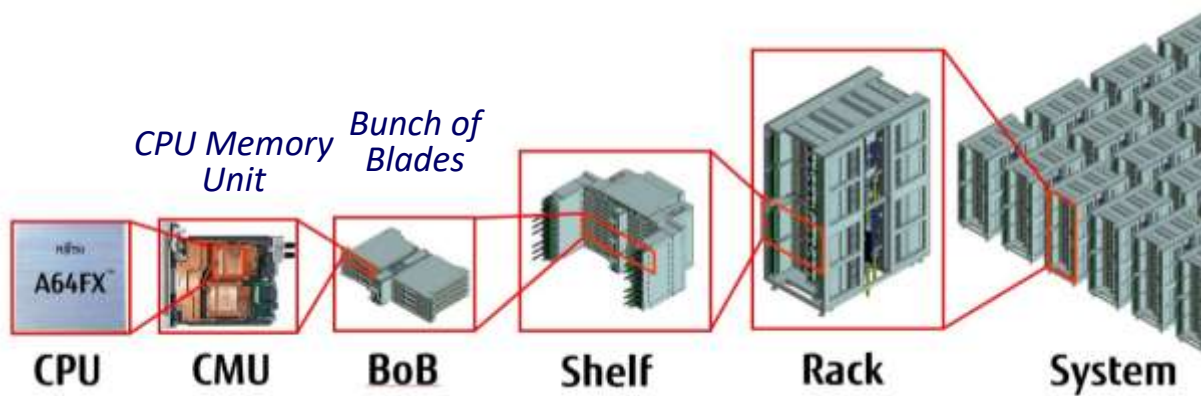
158 976 выч.узлов, 432 стойки
7 630 848 ядер

CPU: A64FX ARM v8.2-A, 48/52 cores, 2.2 GHz
Векторные инструкции (SVE), аппаратная
поддержка барьеров...
Int: 1,2,4,8 байт; Float: 16,32,64 бит

Производительность:
Пик (теория): 537 Pflop/s
Тест Linpack: 442 Pflop/s (81%)
Оперативная память = 5.09 Пбайт
Энергопотребление = 29.9 МВт
Площадь = 1920 м²

Суперкомпьютер Fujitsu Fugaku, Япония

(#1 Top500 в 2020-2021 г.)



Иерархия в архитектуре суперкомпьютеров

Суперкомпьютер Frontier, США

(#1 Top500 в 2022-2024 г.)



9 408 вычислительных узлов,
в каждом узле:
1 x CPUs (AMD "Trento", 64 ядра, 2GHz)
4 x GPU (AMD Radeon MI250X)
8 699 904 ядра

Производительность:
Пик (теория): **1.7 Eflop/s**
Тест Linpack: **1.2 Eflop/s** (70%)

Оперативная память = 9.2 PBytes
HDD = 716 PB (+37 PB на узлах)

22.7 MW (всего 29 MW) – 52.2 Gflops/Watt
(1 стойка – 62.68 Gflops/Watt)

Так ли важно, кому доступен этот “Экзафлопс”?

HPC wire

*Since 1987 - Covering the Fastest
Computers in the World and the People
Who Run Them*

- ▼ Home
- ▼ Topics
- ▼ Sectors
- ▼ Exascale
- ▼ Specials
- ▼ Resource Library
- ▼ **Podcast**
- ▼ Events
- ▼ Solution Channels
- ▼ Job Bank
- ▼ About
- ▼ Subscribe



US Bars Nvidia and AMD from Selling Top GPUs into China

By Tiffany Trader

September 1, 2022

New trade restrictions levied by the United States against China limit the sale of cutting-edge HPC and AI technologies from Nvidia and AMD to the world's second-largest economy.

In an [SEC filing](#), Nvidia revealed it was prohibited from exporting its A100 and forthcoming H100 GPUs to China and Russia, effective immediately. The stated purpose of the licensing requirements is to prevent “military end use” by these nations.

AMD reported it had also received instructions from U.S. authorities to halt sales of its top GPU chip, the Instinct MI250, to China and Russia. A variant of that chip, the MI250X, powers the U.S. Department of Energy's Frontier supercomputer, which became the [first officially ranked exascale supercomputer](#) earlier this year.

Так ли важно, кому доступен этот “Эксафлопс”?

**HPC**wire

Search... Go

Since 1987 - Covering
the Fastest Computers
in the World and the
People Who Run
Them

- Home
- Topics
- Sectors
- Exascale
- Specials
- Resource
- Library
- Podcast**
- Events



Fearing China, US Blocks the Sale of Nvidia GPUs to the Middle East

By Agam Shah

September 1, 2023

The U.S. has put more curbs that block the sale of certain Nvidia GPUs to the Middle East, largely under fears that the technology will be accessible to China.

The setback for Nvidia was revealed in the company's [10K filing](#) with the U.S. Securities and Exchange Commission.

In the filing, Nvidia stated that the U.S. government, in the most recent quarter, “informed us of an additional licensing requirement for a subset of A100 and H100 products destined to certain customers and other regions, including some countries in the Middle East.”

Nvidia is already banned from selling the A100 and H100 GPUs to China because of export controls restricting U.S. companies from exporting advanced A.I. and chips. Nvidia devised the

Так ли важно, кому доступен этот “Экзафлопс”?

(колоссальные центры для поддержки ИИ)

[../3DNews](#)

[~/](#)

[/spool/news](#)

[/usr/share/articles](#)

[/lib/tags](#)

servernews

Все самое свежее из мира больших мощностей

«ИИ-гигафабрика» xAI разместится в гигантском дата-центре в Теннесси

07.06.2024 [15:42], Руслан Авдеев

ИИ-стартап xAI, курируемый Илоном Маском (Elon Musk), намерен построить гигантский дата-центр с самым производительным в мире ИИ-суперкомпьютером. По данным Datacenter Dynamics, ЦОД разместится в окрестностях Мемфиса (штат Теннесси), а пока ожидает одобрения властей.

В обозримом будущем компания должна получить сотни тысяч ускорителей для обучения новых моделей, в частности, чат-бота Grok, предлагаемого, например, по подписке в социальной сети X (Twitter). Ранее в Сеть утекла информация, что NVIDIA передаст xAI чипы, изначально предназначавшиеся для Tesla — Маск весьма вольно распоряжается активами подконтрольных ему бизнесов, часто вызывая недовольство инвесторов.

Пока проект ожидает окончательного разрешения от местного бизнес-инкубатора Memphis Shelby County Economic Development Growth Engine (EDGE), а также муниципальных и федеральных властей. Впрочем, гораздо важнее дожидаться одобрения энергетической компании Tennessee Valley Authority (TVA). Реализация проекта сулит появление высокооплачиваемых рабочих мест и увеличение доходов штата, что поможет поддерживать и модернизировать местную инфраструктуру.

b200

h100

hardware

hpc

nvidia

xai

ии

суперкомпьютер

сша



Суперкомпьютеры и их характеристики

(производительность, память, диски/ленты – всё должно быть согласовано)

- Frontier, 9408 вычислительных узлов:

1 × AMD “Trento” (64 ядра), 2 GHz + 4 × AMD Radeon MI250X
1.2 Eflop/s, ОП = 9.2 PB, HDD = 716 PB

- IBM Summit, 4608 вычислительных узлов:

2 × IBM Power9 (22 ядра), 4 GHz + 6 × NVIDIA Tesla V100
148.6 Pflop/s, ОП = 10 PB, HDD = 250 PB

- Tianhe-2, 16 000 вычислительных узлов:

2 × Intel XeonE5-2692 (12cores), 2.93GHz + 3 × Matrix-2000,
61.4 Pflop/s, ОП = 2.3 PB, HDD = 12 PB

- Cray XK7, Titan, 18 688 вычислительных узлов:

AMD Opteron 16-core + NVIDIA Tesla K20
17.59 Pflop/s, ОП = 710 TB, HDD = 10 PB

- IBM BlueGene/Q, Sequoia, 1 572 864 ядра, IBM PowerPC A2, 1.6 GHz

16.32 Pflop/s, ОП = 1.57 PB, HDD = 55 PB, Tape = “virtually unlimited”

Top500 самых мощных суперкомпьютеров мира

(<http://top500.org>, июнь, 2024 г.)

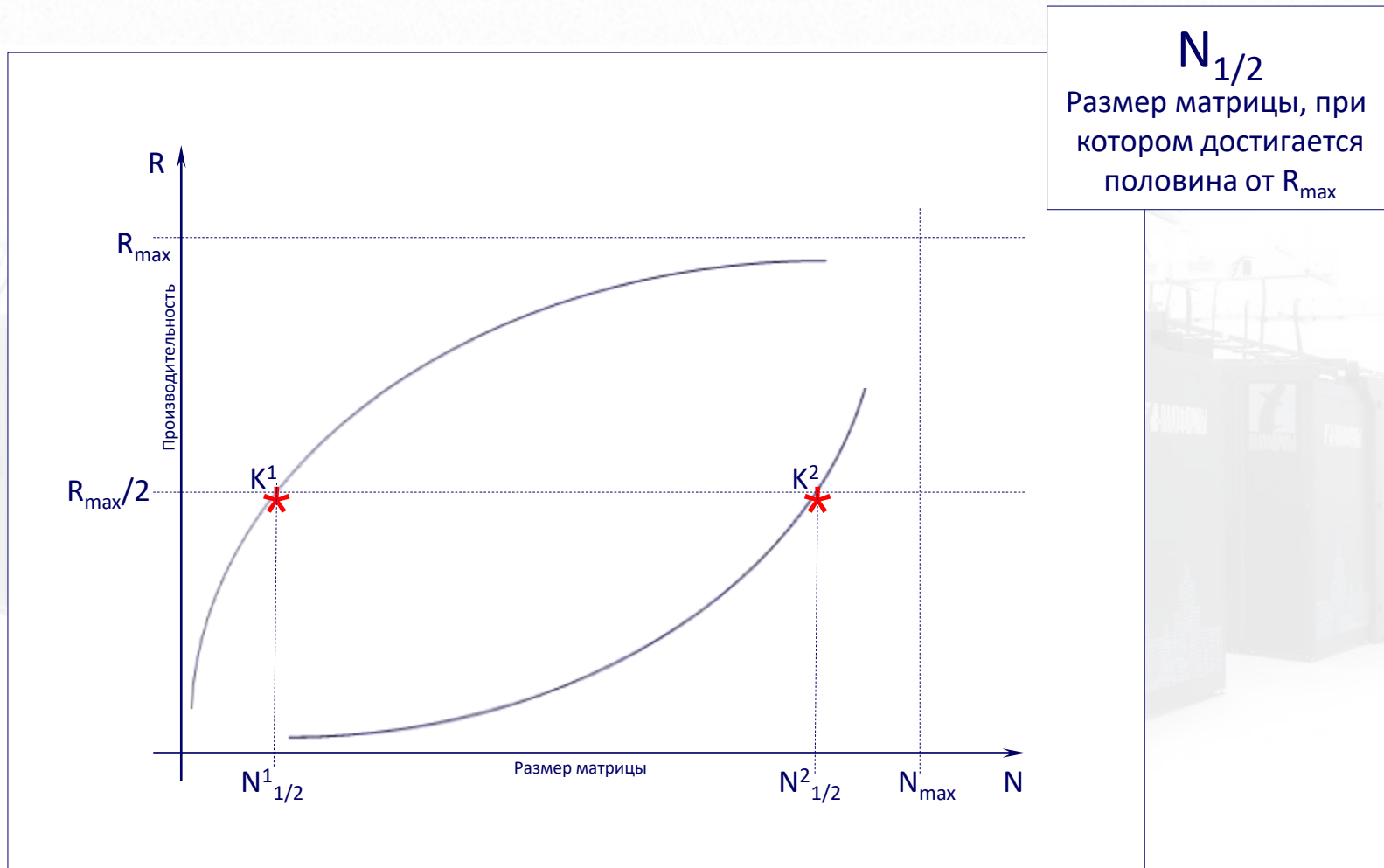
Rank	System	Cores	Rmax (PFlop/s)	Rpeak (PFlop/s)	Power (kW)
1	Frontier - HPE Cray EX235a, AMD Optimized 3rd Generation EPYC 64C 2GHz, AMD Instinct MI250X, Slingshot-11, HPE DOE/SC/Oak Ridge National Laboratory United States	8,699,904	1,206.00	1,714.81	22,786
2	Aurora - HPE Cray EX - Intel Exascale Compute Blade, Xeon CPU Max 9470 52C 2.4GHz, Intel Data Center GPU Max, Slingshot-11, Intel DOE/SC/Argonne National Laboratory United States	9,264,128	1,012.00	1,980.01	38,698
3	Eagle - Microsoft NDv5, Xeon Platinum 8480C 48C 2GHz, NVIDIA H100, NVIDIA Infiniband NDR, Microsoft Azure Microsoft Azure United States	2,073,600	561.20	846.84	
4	Supercomputer Fugaku - Supercomputer Fugaku, A64FX 48C 2.2GHz, Tofu interconnect D, Fujitsu RIKEN Center for Computational Science Japan	7,630,848	442.01	537.21	29,899
5	LUMI - HPE Cray EX235a, AMD Optimized 3rd Generation EPYC 64C 2GHz, AMD Instinct MI250X, Slingshot-11, HPE EuroHPC/CSC Finland	2,752,704	379.70	531.51	7,107
6	Alps - HPE Cray EX254n, NVIDIA Grace 72C 3.1GHz, NVIDIA GH200 Superchip, Slingshot-11, HPE Swiss National Supercomputing Centre (CSCS) Switzerland	1,305,600	270.00	353.75	5,194
7	Leonardo - BullSequana XH2000, Xeon Platinum 8358 32C	1,824,768	241.20	306.31	7,494

$N_{1/2}$

Размер матрицы, при котором достигается половина от Rmax

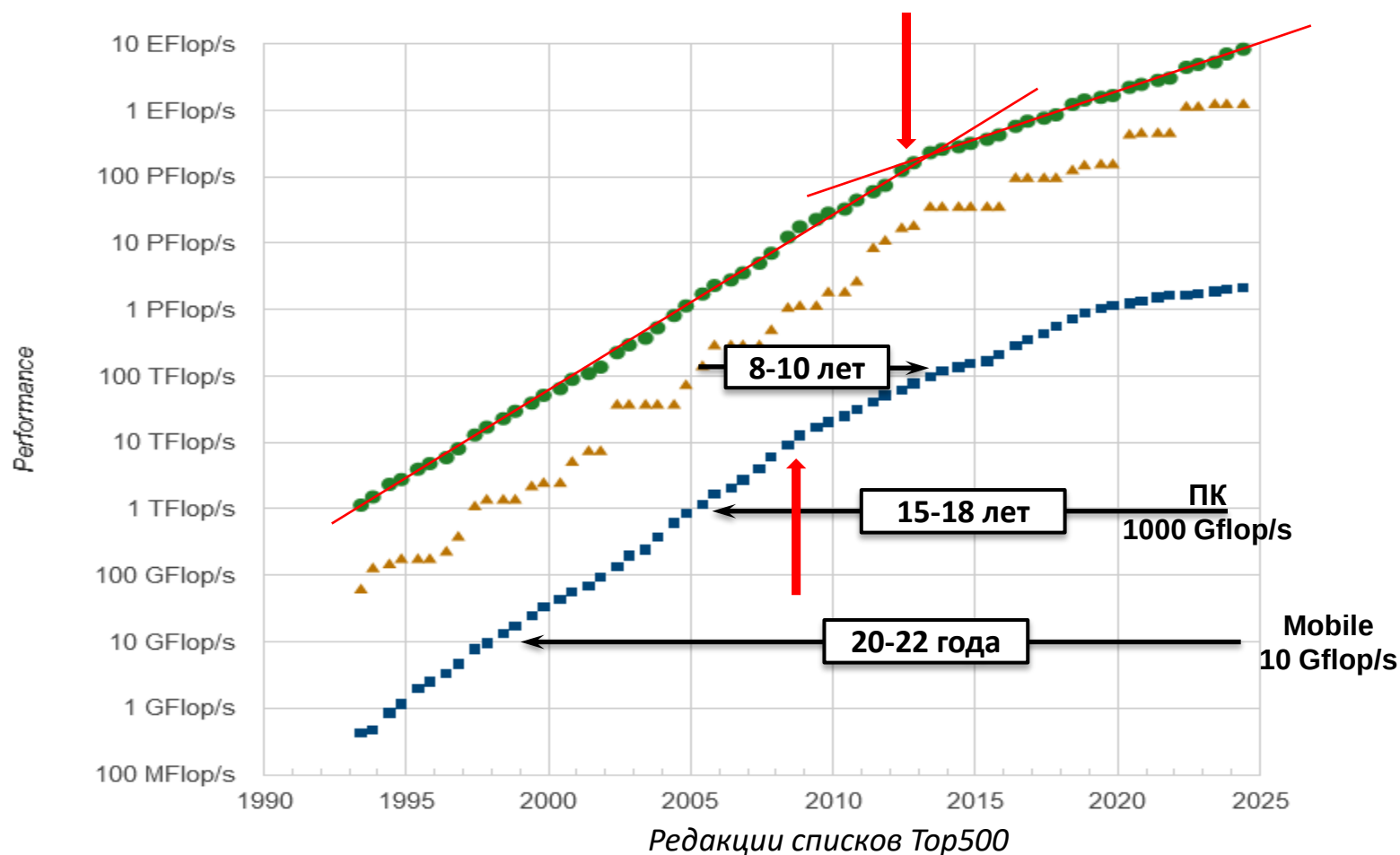
Top500: анализ свойств суперкомпьютеров

(<http://top500.org>)



Два компьютера K^1 и K^2 имеют одинаковое значение $R_{\max}$, достигаемое на одном и том же размере матрицы $N_{\max}$, но значения $N_{1/2}$ у компьютеров разные ($N_{1/2}^1 < N_{1/2}^2$) – что означает эта разница для использования этих компьютеров на практике?

Рост производительности суперкомпьютеров (закономерности отрасли)

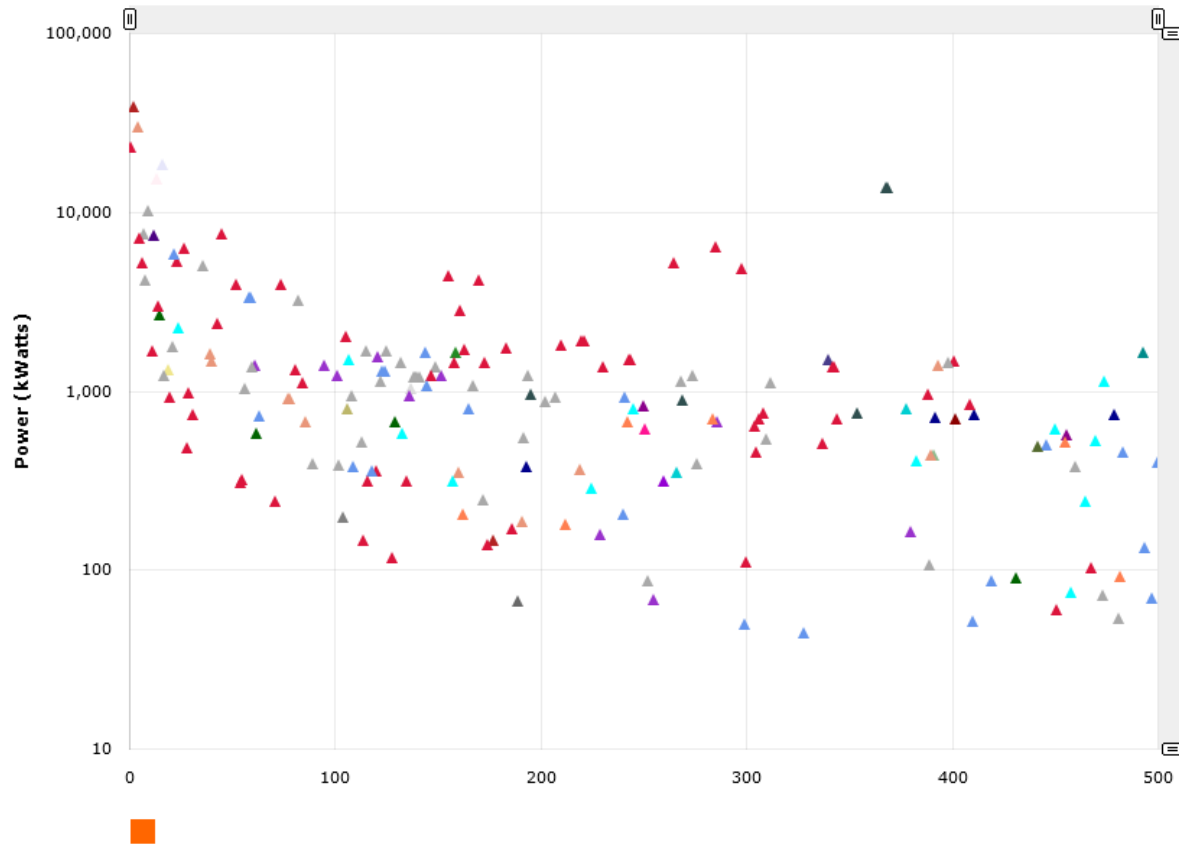


Top500 самых мощных суперкомпьютеров мира

(<http://top500.org>, июнь, 2024 г.)

Rank	System	Cores	Rmax (PFlop/s)	Rpeak (PFlop/s)	Power (kW)
1	Frontier - HPE Cray EX235a, AMD Optimized 3rd Generation EPYC 64C 2GHz, AMD Instinct MI250X, Slingshot-11, HPE DOE/SC/Oak Ridge National Laboratory United States	8,699,904	1,206.00	1,714.81	22,786
2	Aurora - HPE Cray EX - Intel Exascale Compute Blade, Xeon CPU Max 9470 52C 2.4GHz, Intel Data Center GPU Max, Slingshot-11, Intel DOE/SC/Argonne National Laboratory United States	9,264,128	1,012.00	1,980.01	38,698
3	Eagle - Microsoft NDv5, Xeon Platinum 8480C 48C 2GHz, NVIDIA H100, NVIDIA Infiniband NDR, Microsoft Azure Microsoft Azure United States	2,073,600	561.20	846.84	
4	Supercomputer Fugaku - Supercomputer Fugaku, A64FX 48C 2.2GHz, Tofu interconnect D, Fujitsu RIKEN Center for Computational Science Japan	7,630,848	442.01	537.21	29,899
5	LUMI - HPE Cray EX235a, AMD Optimized 3rd Generation EPYC 64C 2GHz, AMD Instinct MI250X, Slingshot-11, HPE EuroHPC/CSC Finland	2,752,704	379.70	531.51	7,107
6	Alps - HPE Cray EX254n, NVIDIA Grace 72C 3.1GHz, NVIDIA GH200 Superchip, Slingshot-11, HPE Swiss National Supercomputing Centre (CSCS) Switzerland	1,305,600	270.00	353.75	5,194
7	Leonardo - BullSequana XH2000, Xeon Platinum 8358 32C	1,824,768	241.20	306.31	7,494

Топ500 самых мощных суперкомпьютеров мира (<http://top500.org>, июнь, 2024 г. - энергопотребление)



Legend:

MEGWARE, Lenovo, HPE, DELL EMC, Sugon, Inspur, Preferred Networks, EVIDEN, Nvidia, IBM, Quanta Computer / Taiwan Fixed Network / ASUS Cloud, Huawei Technologies Co., Ltd., Liquid, T-Platforms, NEC, Atipa Technology, Fujitsu, Lenovo/IBM, ClusterVision / Hammer, Penguin Computing, Inc., Self-made, ACTION, ASUSTeK / ASUS Cloud / Taiwan Web Service Corporation, Supermicro, ParTec/EVIDEN, Koi Computers, Format sp. z o.o., Intel, HPE, GALAXY, NEC / DELL, Netweb Technologies, MEGWARE / Supermicro, Fujitsu / Lenovo, Amazon Web Services, NVIDIA, Inspur, eSlim Korea, YANDEX, NVIDIA, Microsoft Azure, IBM / NVIDIA / Mellanox, Nebius AI, NUDT, NRCPC,

Top500 самых мощных суперкомпьютеров мира

(<http://top500.org>, июнь, 2024 г.)

Rank	System	Cores	Rmax (PFlop/s)	Rpeak (PFlop/s)	Power (kW)
1	Frontier - HPE Cray EX235a, AMD Optimized 3rd Generation EPYC 64C 2GHz, AMD Instinct MI250X, Slingshot-11, HPE DOE/SC/Oak Ridge National Laboratory United States	8,699,904	1,206.00	1,714.81	22,786
2	Aurora - HPE Cray EX - Intel Exascale Compute Blade, Xeon CPU Max 9470 52C 2.4GHz, Intel Data Center GPU Max, Slingshot-11, Intel DOE/SC/Argonne National Laboratory United States	9,264,128	1,012.00	1,980.01	38,698
3	Eagle - Microsoft NDv5, Xeon Platinum 8480C 48C 2GHz, NVIDIA H100, NVIDIA Infiniband NDR, Microsoft Azure Microsoft Azure United States	2,073,600	561.20	846.84	
4	Supercomputer Fugaku - Supercomputer Fugaku, A64FX 48C 2.2GHz, Tofu interconnect D, Fujitsu RIKEN Center for Computational Science Japan	7,630,848	442.01	537.21	29,899
5	LUMI - HPE Cray EX235a, AMD Optimized 3rd Generation EPYC 64C 2GHz, AMD Instinct MI250X, Slingshot-11, HPE EuroHPC/CSC Finland	2,752,704	379.70	531.51	7,107
6	Alps - HPE Cray EX254n, NVIDIA Grace 72C 3.1GHz, NVIDIA GH200 Superchip, Slingshot-11, HPE Swiss National Supercomputing Centre (CSCS) Switzerland	1,305,600	270.00	353.75	5,194
7	Leonardo - BullSequana XH2000, Xeon Platinum 8358 32C	1,824,768	241.20	306.31	7,494

Gflops/Watt

Лидеры по энергоэффективности

(<http://top500.org>, Green500 list, июнь 2024)

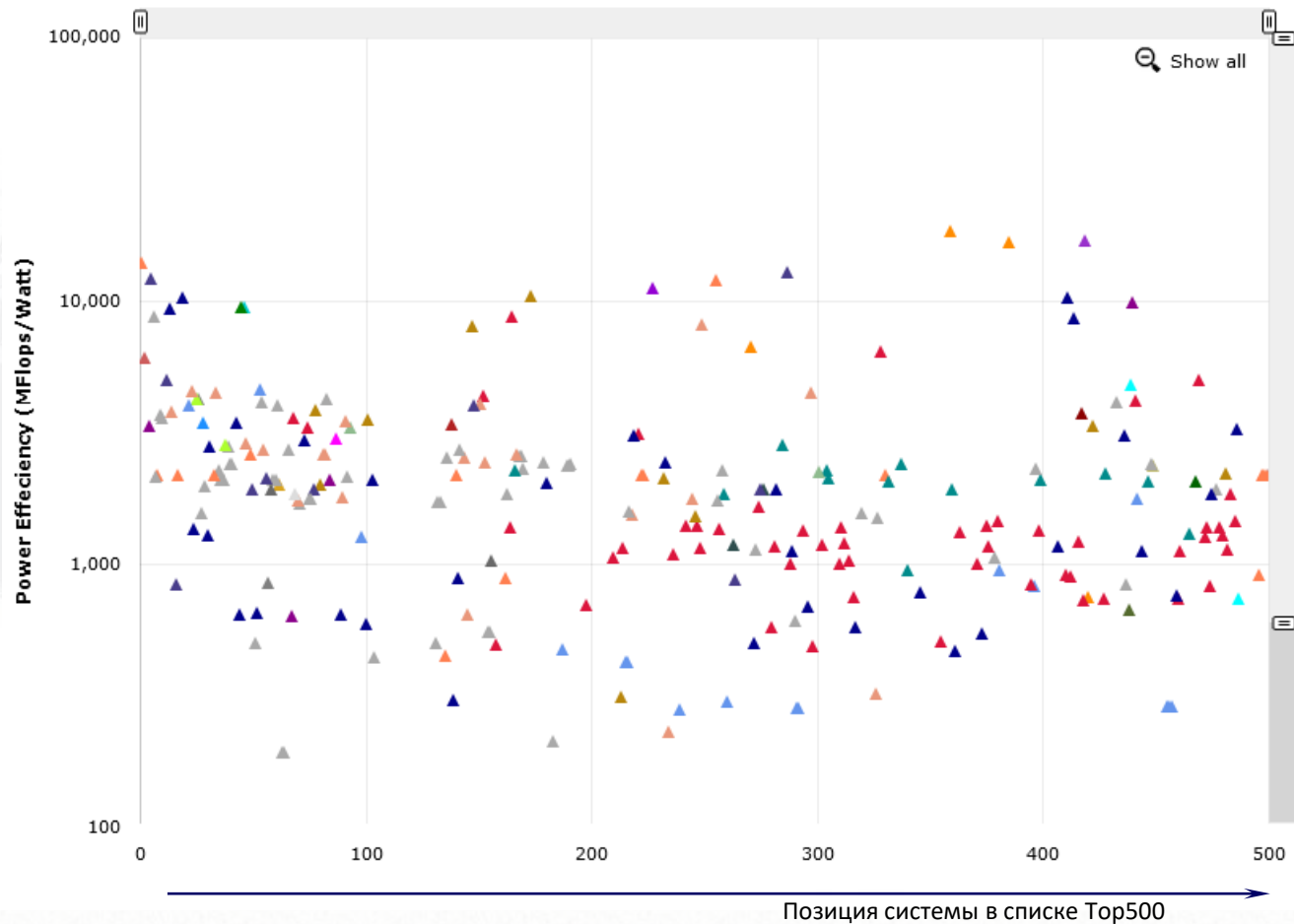


Rank	TOP500 Rank	System	Cores	Rmax (PFlop/s)	Power (kW)	Energy Efficiency (GFlops/watts)
1	189	JEDI - BullSequana XH3000, Grace Hopper Superchip 72C 30Hz, NVIDIA GH200 Superchip, Quad-Rail, NVIDIA InfiniBand NDR200, ParTec/EVIDEN EuroHPC/FZJ Germany	19,584	4.50	67	72.733
2	128	Isambard-AI phase 1 - HPE Cray EX254n, NVIDIA Grace 72C 3.1GHz, NVIDIA GH200 Superchip, Slingshot-11, HPE University of Bristol United Kingdom	34,272	7.42	117	68.835
3	55	Helios GPU - HPE Cray EX254n, NVIDIA Grace 72C 3.1GHz, NVIDIA GH200 Superchip, Slingshot-11, HPE Cyfronet Poland	89,760	19.14	317	66.948
4	328	Henri - ThinkSystem SR670 V2, Intel Xeon Platinum 8362 32C 2.8GHz, NVIDIA H100 80GB PCIe, InfiniBand HDR, Lenovo Flatiron Institute United States	8,288	2.88	44	65.396
5	71	preAlps - HPE Cray EX254n, NVIDIA Grace 72C 3.1GHz, NVIDIA GH200 Superchip, Slingshot-11, HPE Swiss National Supercomputing Centre ICSCSI Switzerland	81,600	15.47	240	64.381
6	299	HoreKa-Teal - ThinkSystem SD665-N V3, AMD EPYC 9354 32C 3.25GHz, Nvidia H100 94Gb SXM5, InfiniBand NDR200, Lenovo Karlsruher Institut für Technologie (KIT) Germany	13,616	3.12	50	62.964

[Gflops/Watt]

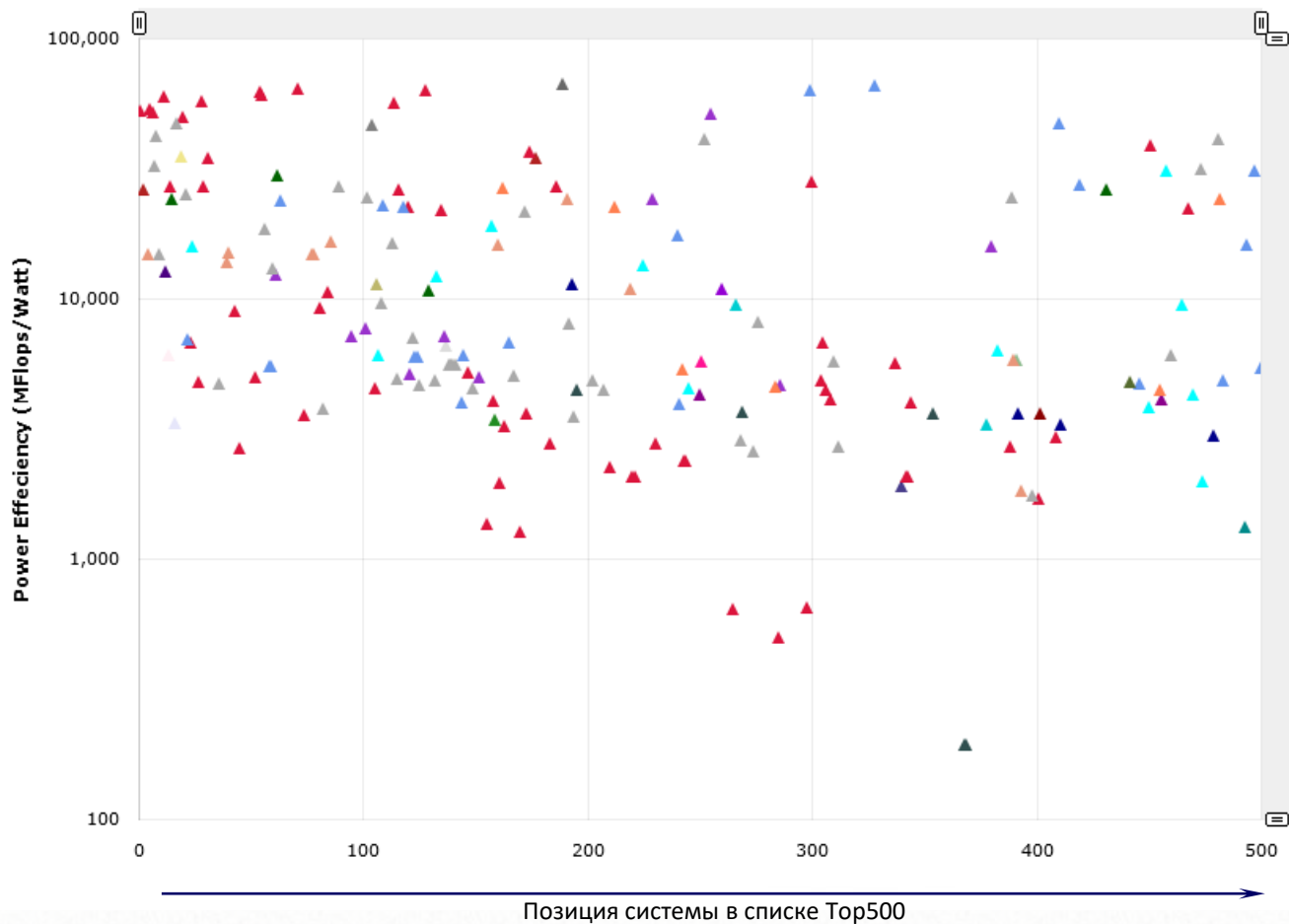
Top500 самых мощных суперкомпьютеров мира

(<http://top500.org>, июнь, 2018 г. - энергоэффективность)

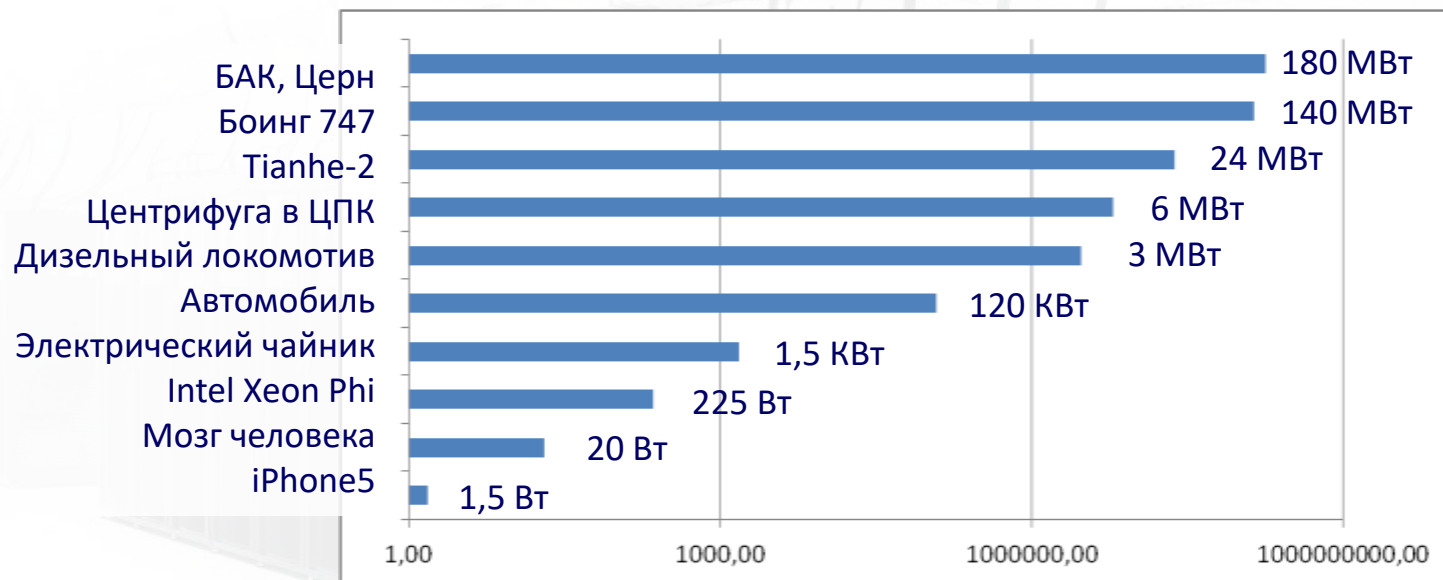


Top500 самых мощных суперкомпьютеров мира

(<http://top500.org>, июнь, 2024 г. - энергоэффективность)



Энергопотребление вокруг нас...



Автомобиль - БАК (Большой Адронный Коллайдер) - Боинг 747 - Дизельный локомотив
Мозг человека - Центрифуга в ЦПК - Электрический чайник
Intel Xeon Phi - iPhone5 - Tianhe-2

Первый вычислительный кластер МГУ, 1999 г.

(12 узлов, 24 CPUs, Intel P-III/500MHz, сеть SCI)



Производительность:
12 Гфлоп/с

Суперкомпьютер МГУ “Ломоносов”



Суперкомпьютер МГУ “Ломоносов”



Суперкомпьютер МГУ “Ломоносов”



Всего в системе 10 т гликоля и 40 т воды

Суперкомпьютер МГУ “Ломоносов”



Суперкомпьютер МГУ “Ломоносов”



Суперкомпьютер МГУ “Ломоносов”



Суперкомпьютер МГУ “Ломоносов”

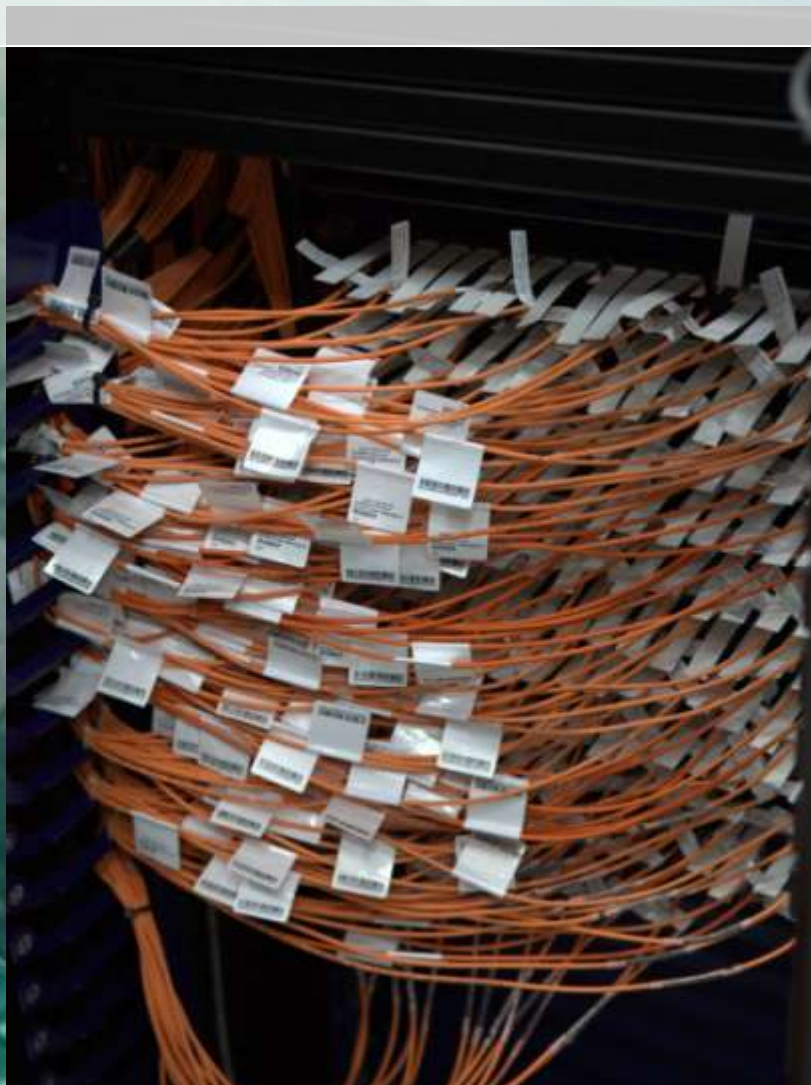


Суперкомпьютер МГУ “Ломоносов”



Вес оборудования в маш.зале – 57 т, СБЭ – 92т

Суперкомпьютер МГУ “Ломоносов”



Общая длина кабелей более 80 км

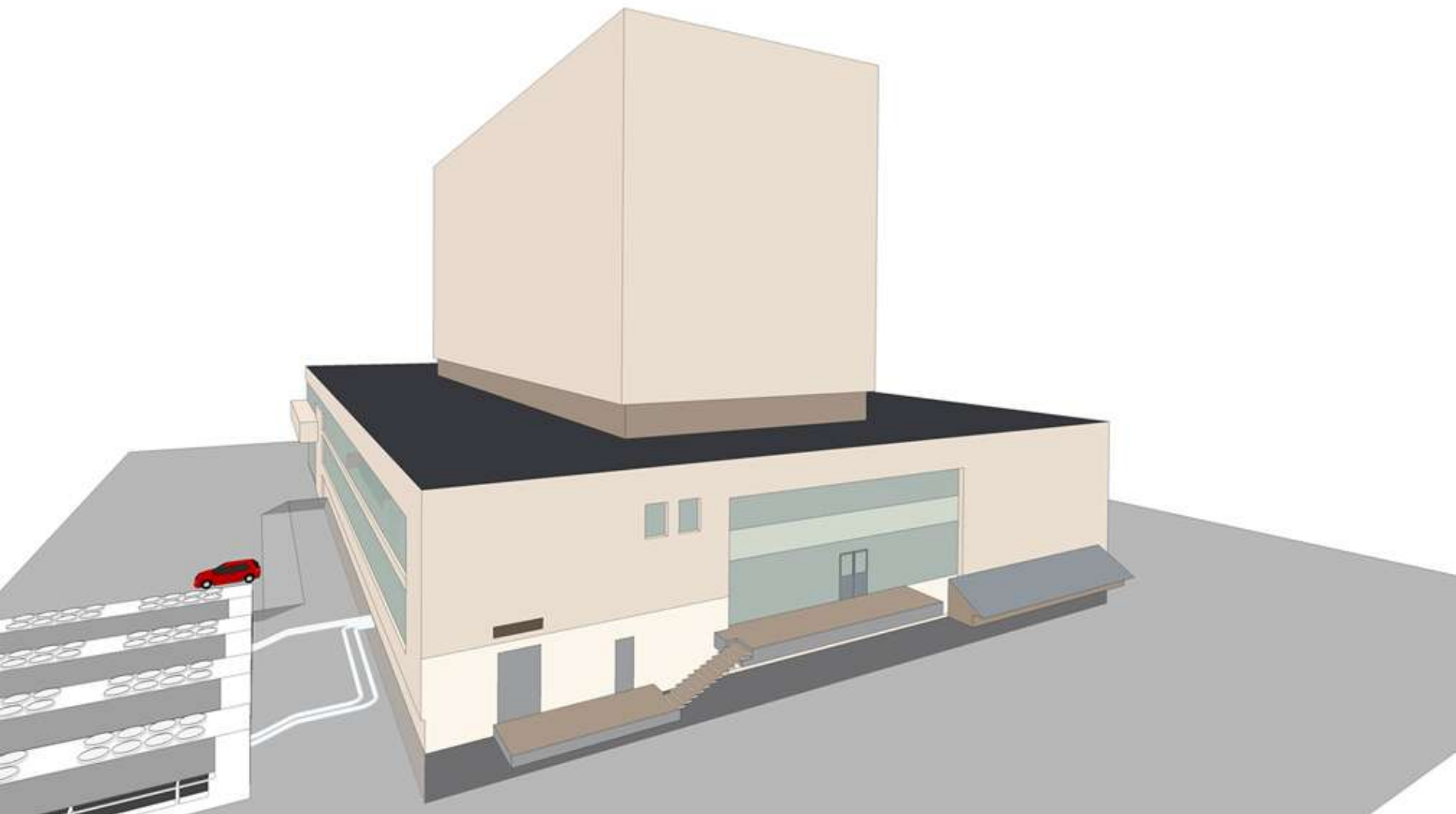
Суперкомпьютер МГУ “Ломоносов”



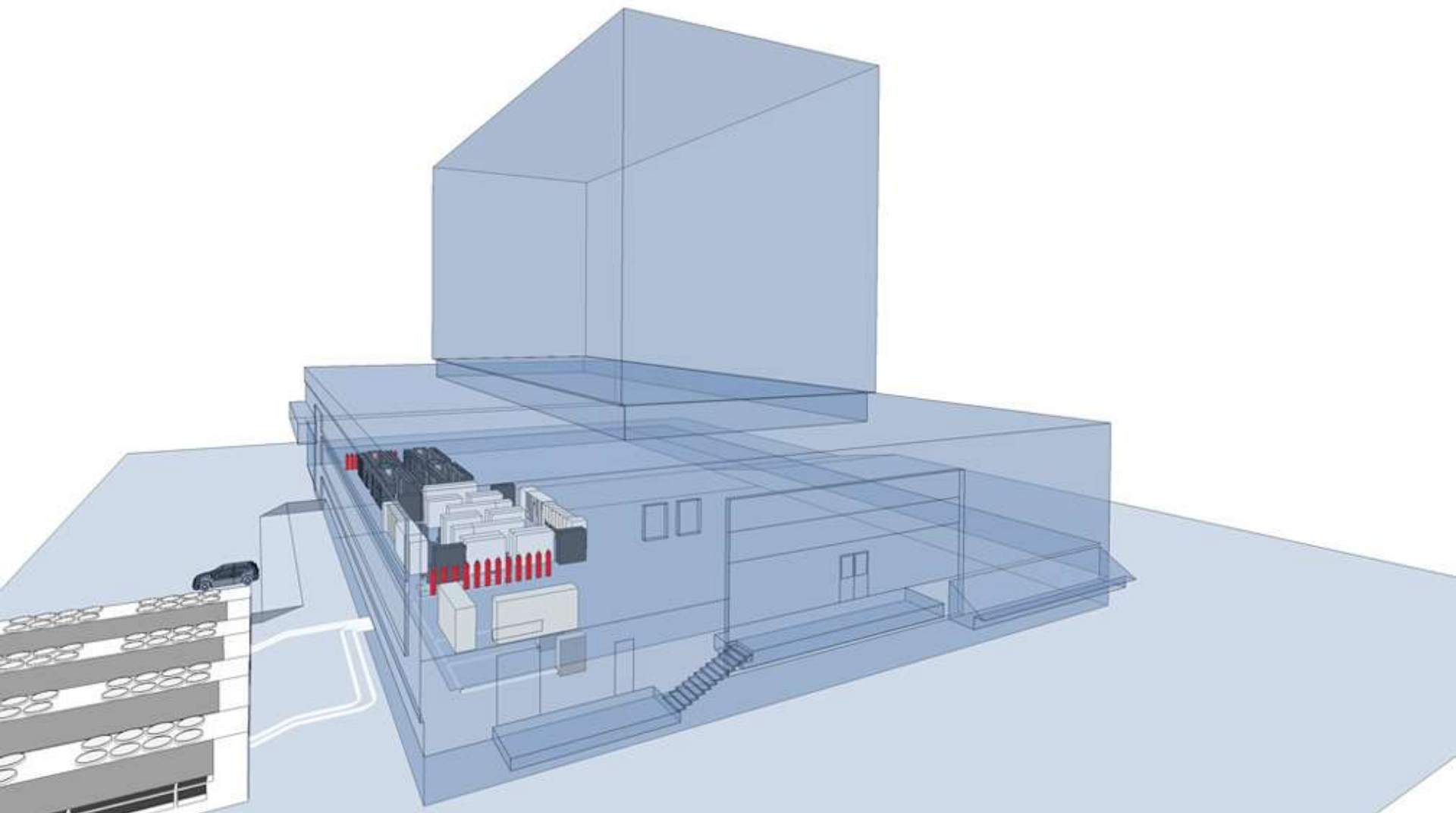
Суперкомпьютер МГУ “Ломоносов”



Суперкомпьютер МГУ “Ломоносов”



Суперкомпьютер МГУ “Ломоносов”



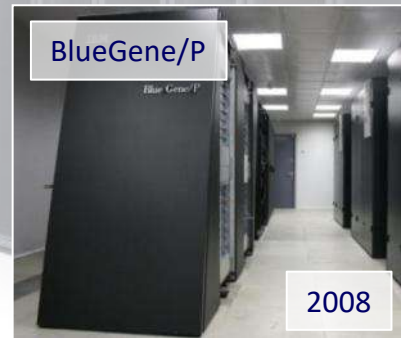
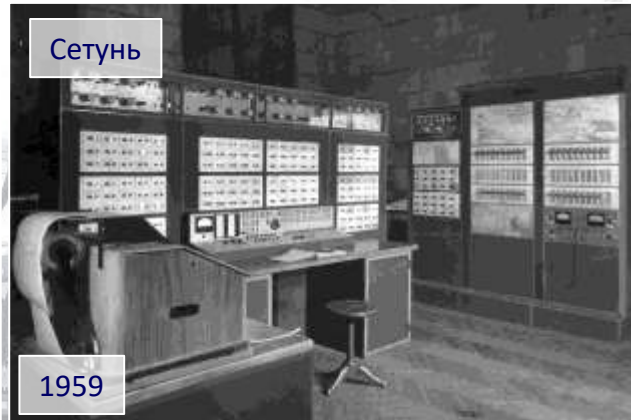
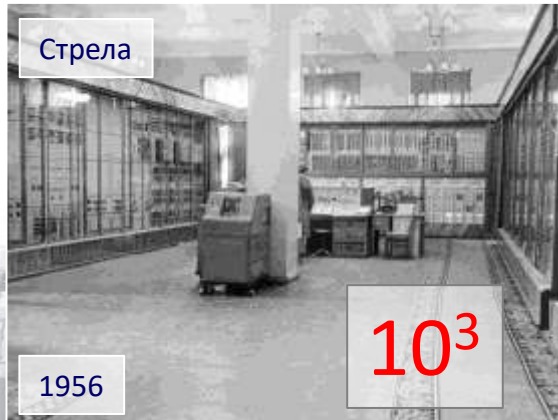
Суперкомпьютер МГУ “Ломоносов”



Суперкомпьютер МГУ “Ломоносов”



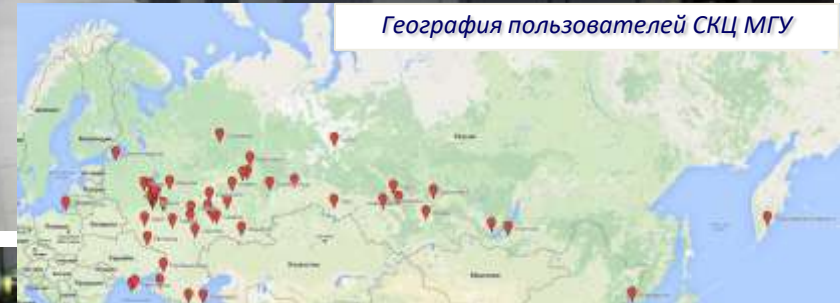
Компьютерный путь Московского университета (с 1956 г. до наших дней)



Суперкомпьютер МГУ “Ломоносов-2”



Суперкомпьютерный центр МГУ сегодня:
Пользователи: 2955
Проекты: 880



Факультеты / Институты МГУ: 21
Институты РАН: 95
Университеты России: 102

Города России: 50



1 стойка = 256 узлов: Intel Xeon (14c) + NVIDIA K40/P100/V100= 515 Tflop/s
Суперкомпьютер “Ломоносов-2” = 5.5 Pflop/s

Компьютерный мир в сравнении

Производительность Энергопотребление
Вес Цена

10^6

100 т

3 МВт

\$30M

Суперкомпьютеры

10

10 кг

1 кВт

\$10K

Серверы...

1

1.5 кг

90 Вт

\$1K

ПК, ноутбуки...

0.05

0.1 кг

2 Вт

\$300

Планшеты, смартфоны...

Суперкомпьютеры... Зачем?

Неужели есть настолько **сложные задачи**, что для их решения хорошего сервера не хватает ?

Неужели есть настолько **важные задачи**, которые оправдывают крайне высокую стоимость суперкомпьютеров ?



А далеко ли вычислительно сложные задачи?

Задача о числе счастливых билетиков :

```
count = 0;
for ( i1 = 0; i1 < 10; i1++)
  for ( i2 = 0; i2 < 10; i2++)
    for ( i3 = 0; i3 < 10; i3++)
      for ( i4 = 0; i4 < 10; i4++)
        for ( i5 = 0; i5 < 10; i5++)
          for ( i6 = 0; i6 < 10; i6++)
            if ( i1+i2+i3+i4+i5+i6 < 10 )
              count++;
```

6 цифр → n цифр

Intel Core Duo 2.6 ГГц:

8 цифр – 0.1 с

10 цифр – 10 с

12 цифр – 1780 с



А далеко ли вычислительно сложные задачи?

Задача о числе счастливых билетиков :

- Поможет ли оптимизация программы?
- Поможет ли использование суперкомпьютера?

```
count = 0;
for ( i1 = 0; i1 < 10; ++i1)
    for ( i2 = 0; i2 < 10; ++i2)
        for ( i3 = 0; i3 < 10; ++i3)
            for ( i4 = 0; i4 < 10; ++i4)
                for ( i5 = 0; i5 < 10; ++i5)
                    for ( i6 = 0; i6 < 10; ++i6) {
                        if( i1+i2+i3 == i4+i5+i6 )
                            count = count+1;
                    }
}
```

6 цифр → n цифр

Intel Core Duo 2.6 ГГц:

8 цифр – 0.1 с

10 цифр – 10 с

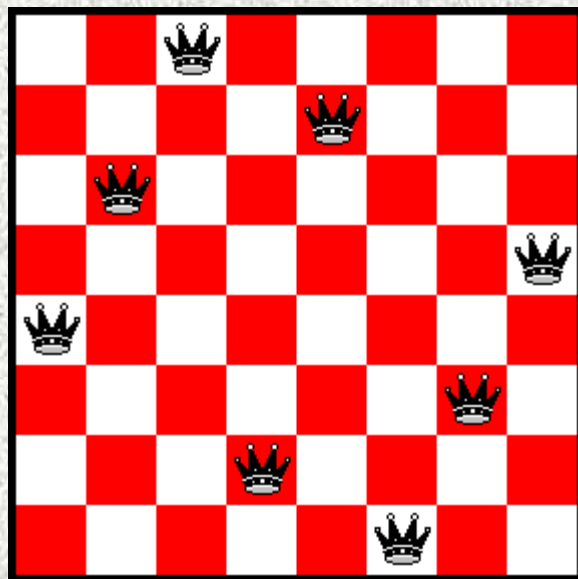
12 цифр – 1780 с



Вычислительная сложность – ~~10ⁿ~~ операций !

А далеко ли вычислительно сложные задачи?

*Как разместить 8 ферзей
на шахматной доске размером 8*8 ?*



*Как разместить **N** ферзей
на шахматной доске размером **K*K** ?*

Варианты сдачи зачета (экзамена) по курсу “Суперкомпьютеры и параллельная обработка данных”

Варианты описаны на странице: Parallel.ru/vmk24

- Зачёт (экзамен) в форме беседы с преподавателем.
- Зачёт в форме электронного тестирования.
- Зачёт за выполнение практического задания.
- Конкурс изображений "Параллелизм вокруг нас".
- Конкурс выступлений в формате "Научный стенд-ап".

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова
Факультет Вычислительной математики и кибернетики



СУПЕРКОМПЬЮТЕРЫ И ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ (часть 1)

Вл.В.Воеводин

Зав.кафедрой Суперкомпьютеров и квантовой информатики ВМК МГУ,
Директор НИВЦ МГУ,
Директор Филиала МГУ в г.Сарове,
чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор

voevodin@parallel.ru

ВМК МГУ, 2024