



Семинар "Элементы суперкомпьютерного образования для школьников"

1. Что надо знать школьникам о суперкомпьютерах и задачах для них
 - Одинцов Игорь Олегович, группа компаний РСК, руководитель отдела НИР, г. Санкт-Петербург
2. Формирование грамотности пятиклассников в области параллельных вычислений средствами программной среды Scratch
 - Сорокина Татьяна Евгеньевна, учитель информатики ГБОУ "Лицей № 1547", г. Москва
3. Визуализация параллельных алгоритмов работы строительных бригад в среде программирования Scratch
 - Аквилянов Никита Евгеньевич, учитель информатики МОУ СОШ №1, г. Истра Московской области, Босова Людмила Леонидовна, зав. кафедрой математики и информатики в начальной школе Московского педагогического государственного университета
4. Учебное ПО для уроков по изучению параллельных вычислений
 - Еремин Евгений Александрович, Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет, доцент кафедры мультимедийной дидактики и ИТО, к.ф.-м.н., доцент
5. Задачи на параллельные вычисления в конкурсе «ТРИЗформашка»
 - Плаксин Михаил Александрович, Пермский филиал НИУ Высшая школа экономики, доцент каф. инф. технологий в бизнесе, к.ф.м.н., доцент

Что надо знать школьникам о суперкомпьютерах и задачах для них



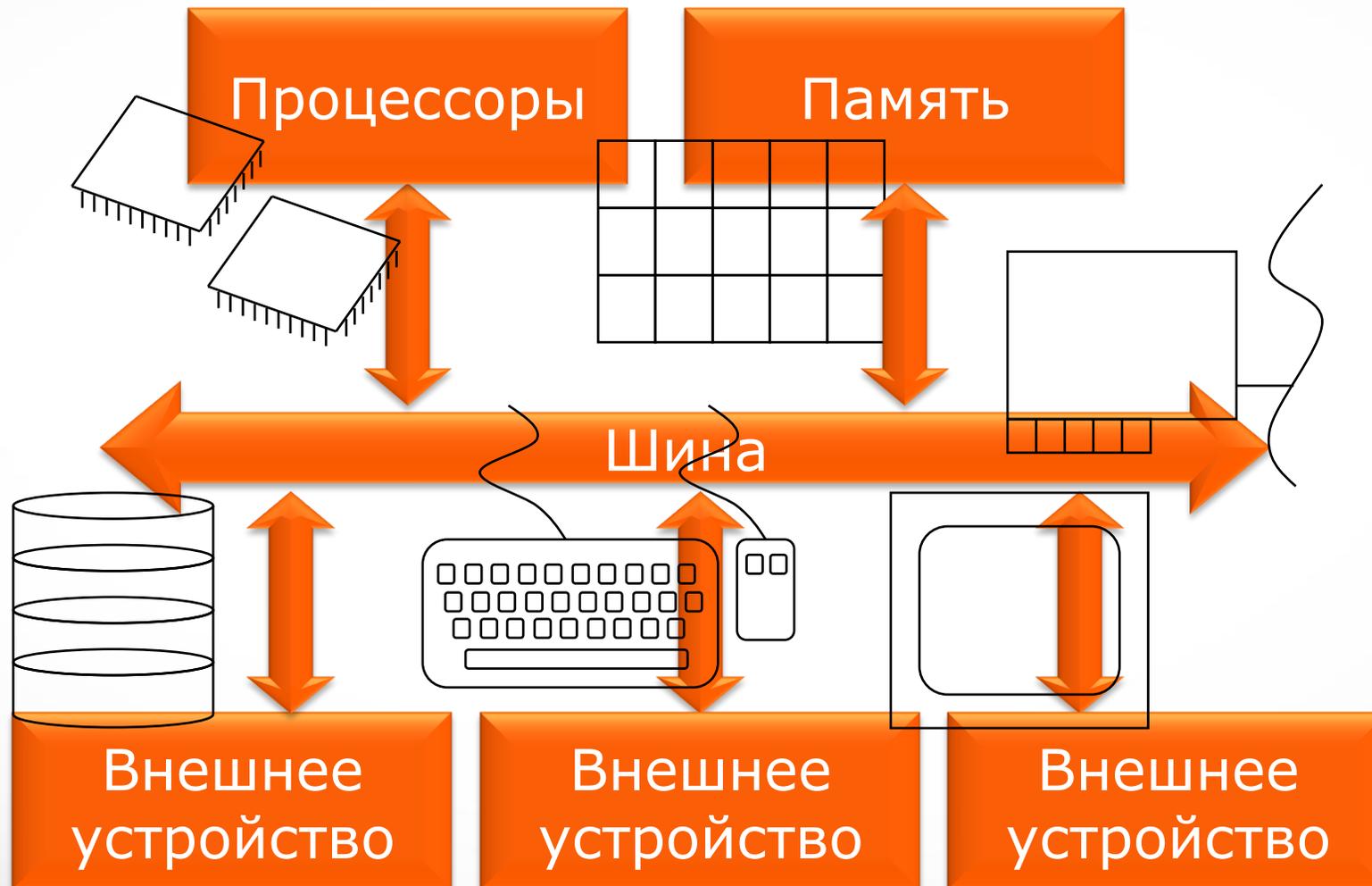
Игорь Одинцов
Руководитель отдела НИР
Группа компаний РСК

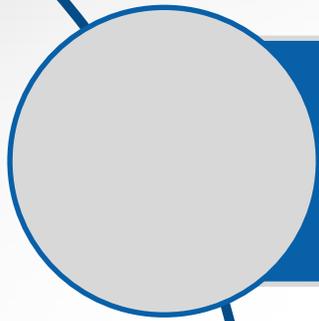
Суперкомпьютерные дни в России
Москва

26 сентября 2017 г.

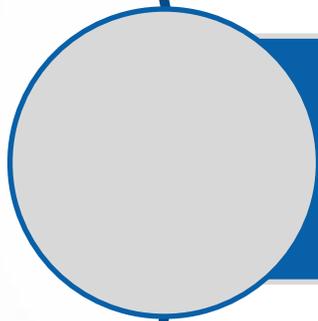
Кстати, а в чем разница между компьютером и суперкомпьютером?

Аппаратные ресурсы компьютера

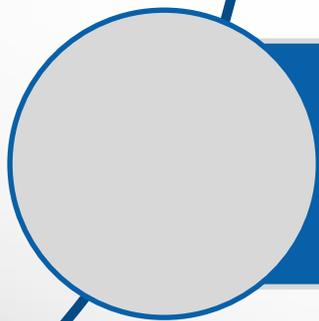




Задачи



Архитектуры



Алгоритмика

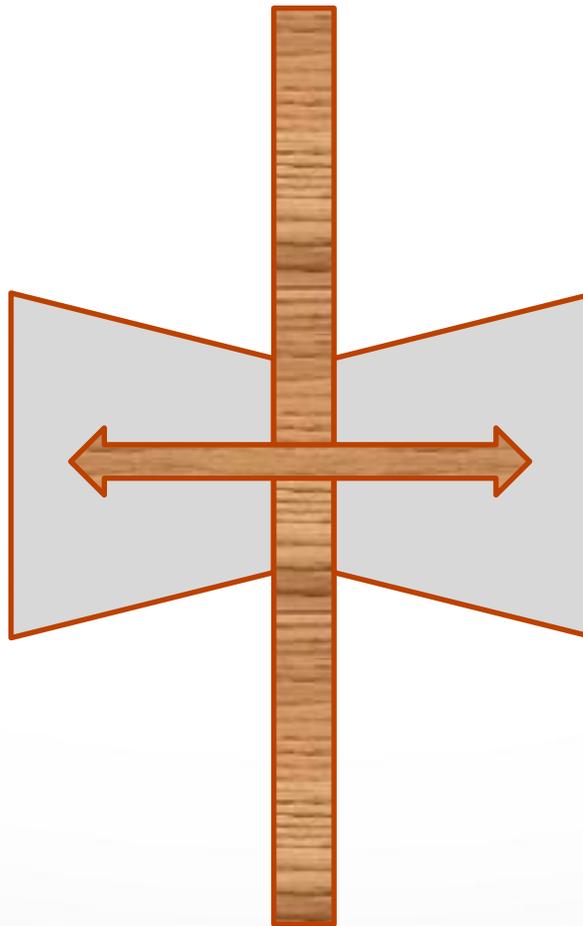
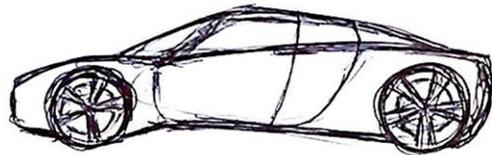
Суперкомпьютерные задачи

Суперкомпьютерные архитектуры

Суперкомпьютерная алгоритмика

Психика

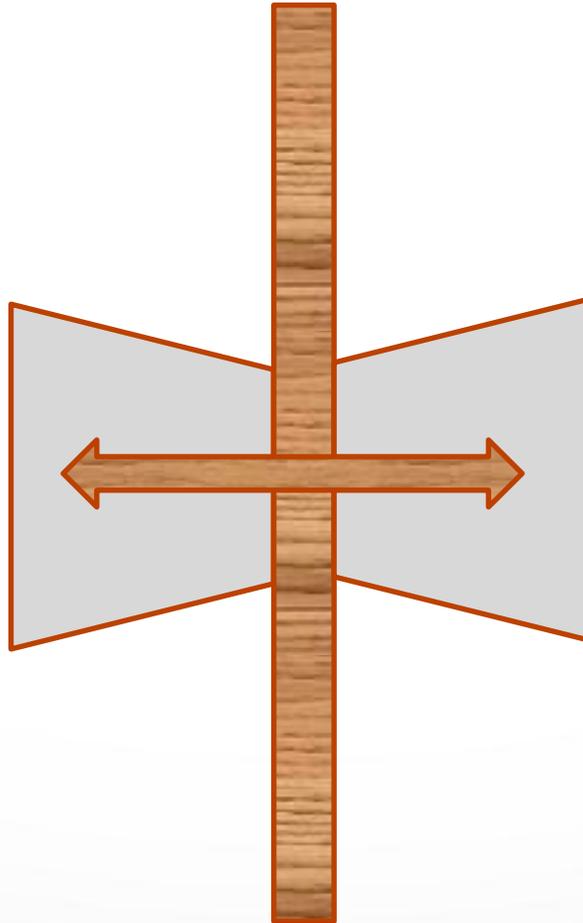
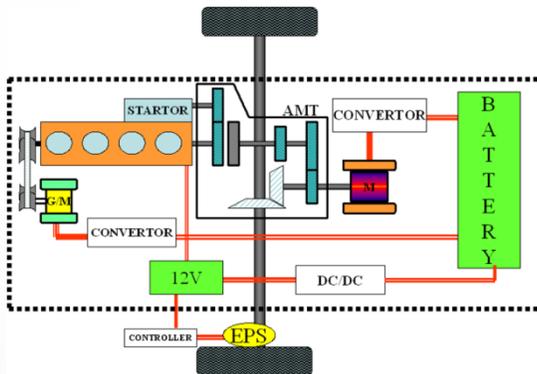
Реальный мир



- Точность модели (количество деталей)
- Скорость обработки
- Повторяемость расчета

Компьютерный мир

Реальный мир



Истоки:

- расчет обтекания крыла боевых самолетов
- расчёты по ядерному и термоядерному оружию
- ядерные реакторы

С ростом возможностей рождаются новые научные дисциплины:

- численный прогноз погоды,
- биоинформатика и вычислительная медицина,
- вычислительная химия,
- вычислительная гидродинамика,
- вычислительная лингвистика и проч.,

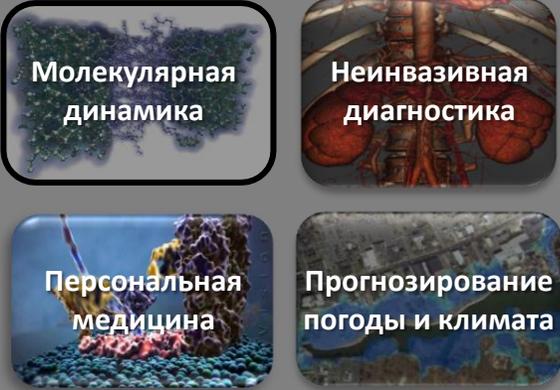
Выходят на новый уровень сложившиеся:

- прочностные расчеты
- наука о материалах
- электроника
- и др.

Математические проблемы	<ul style="list-style-type: none"> • Криптография • Статистика
Вычислительная биология	<ul style="list-style-type: none"> • Фолдинг белка • Расшифровка ДНК
Вычислительная химия, Медицина	<ul style="list-style-type: none"> • Поиск и создание новых лекарств
Физика высоких энергий, Оборона, Энергетика	<ul style="list-style-type: none"> • Процессы внутри атомного ядра • Физика плазмы • Анализ данных экспериментов, проведенных на ускорителях • Разработка и совершенствование атомного и термоядерного оружия • Моделирование ядерных испытаний • Моделирование жизненного цикла ядерных топливных элементов • Проекты ядерных и термоядерных реакторов
Наука о Земле	<ul style="list-style-type: none"> • Прогноз погоды, состояния морей и океанов • Предсказание климатических изменений и их последствий • Исследование процессов, происходящих в земной коре, для предсказания землетрясений и извержений вулканов • Анализ данных геологической разведки для поиска и оценки нефтяных и газовых месторождений • Моделирование процесса выработки месторождений • Моделирование растекания рек во время паводка, растекания нефти во время аварий
Физика, Прикладные задачи в промышленности, Строительство	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Газодинамика</i>: турбины электростанций, горение топлива (авто-, авиа- и ракетные двигатели), аэродинамические процессы для создания совершенных форм крыла, фюзеляжей самолетов, ракет, кузовов автомобилей • <i>Гидродинамика</i>: течение жидкостей по трубам, по руслам рек • <i>Материаловедение</i>: создание новых материалов с заданными свойствами, анализ распределения динамических нагрузок в конструкциях, моделирование крэш-тестов при конструировании автомобилей

Высокопроизводительные вычисления: инструмент для исследователя и инженера

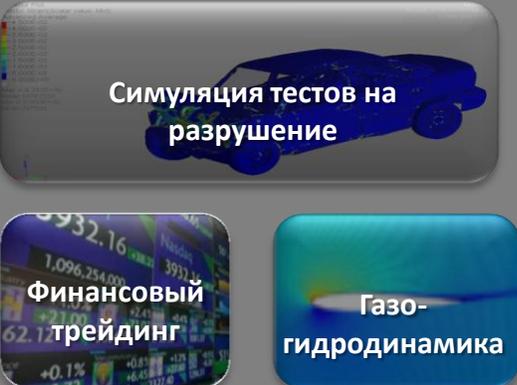
Государство и Наука



- Молекулярная динамика
- Неинвазивная диагностика
- Персональная медицина
- Прогнозирование погоды и климата

Исследования

Индустрия



- Симуляция тестов на разрушение
- Газо-гидродинамика

Бизнес

Новые пользователи

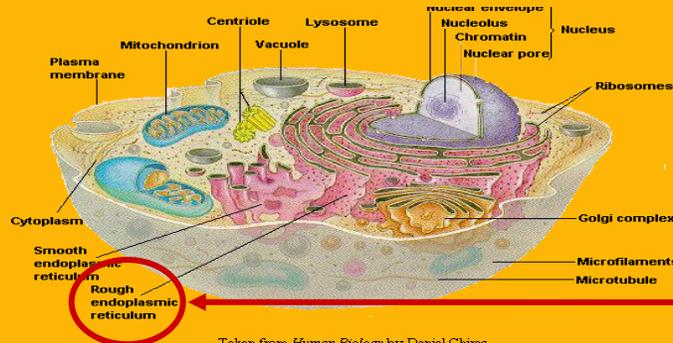


- Глубокое обучение
- Анализ больших данных
- Машинное обучение

Поиск новых методов и задач

1 ZFlops
 100 EFlops
 10 EFlops
1 EFlops
 100 PFlops
 10 PFlops
 1 PFlops
 100 TFlops
 10 TFlops
 1 TFlops
 100 GFlops
 10 GFlops
 1 GFlops
 100 MFlops

Проблема масштаба ExaScale



Taken from *Human Biology* by Daniel Chiras

Что можно моделировать сегодня ~100TF

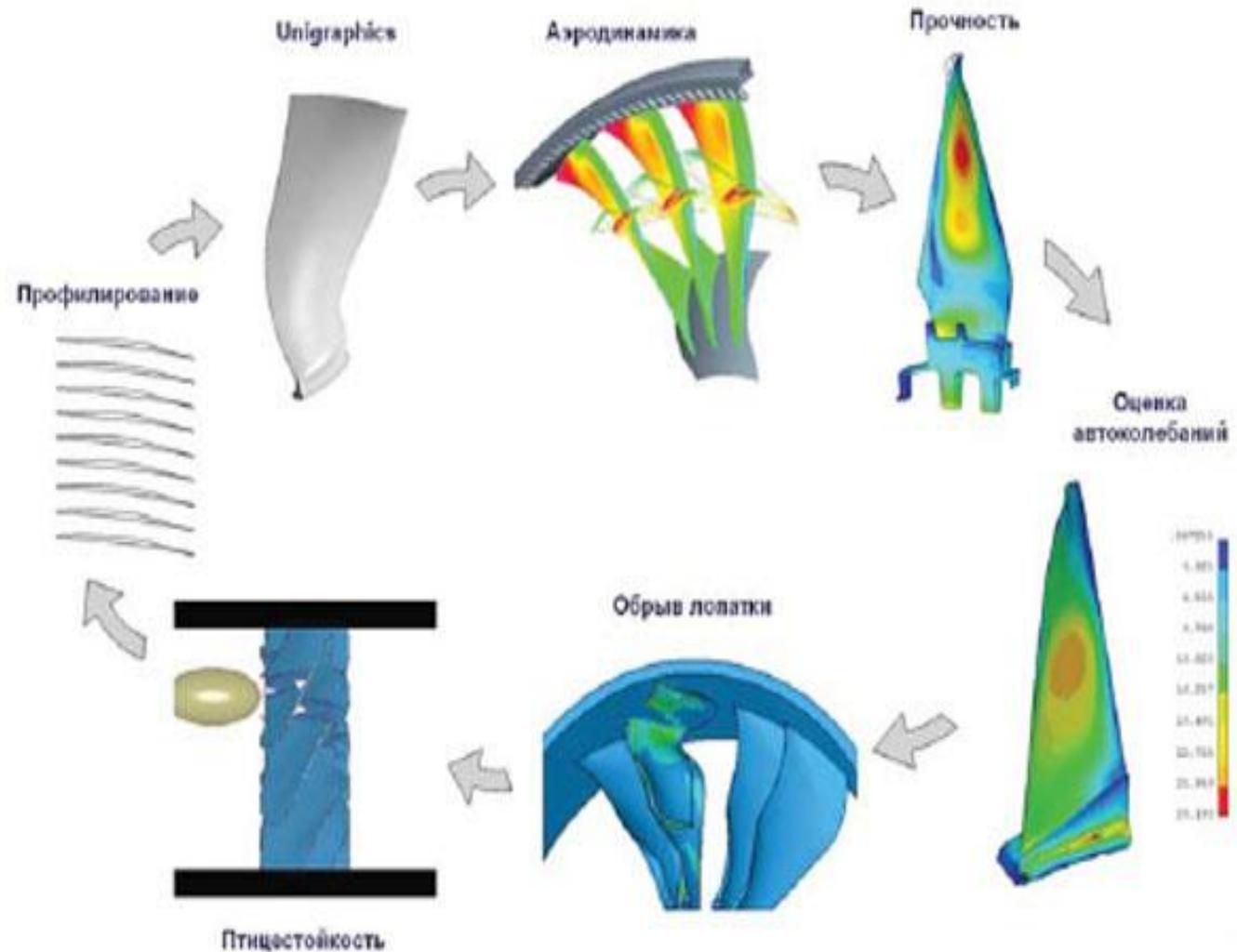
Сумма Of Top500
 №1

Примеры задач:

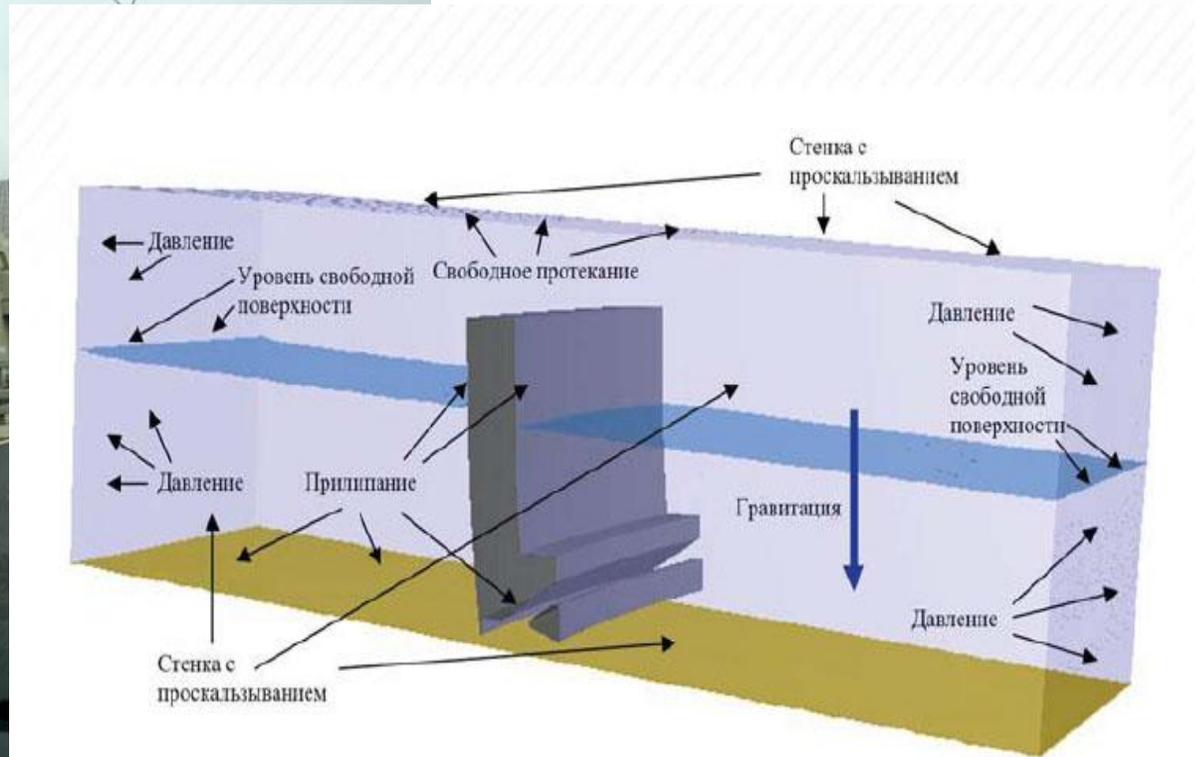
- Полное моделирование поведения самолета
- Использование знаний о геноме в медицина
- Исследование Большого Взрыва Вселенной
- Синтетические топлива
- Точное моделирование и прогноз погоды

Источник: Dr. Steve Chen, "The Growing HPC Momentum in China", June 30th, 2006, Dresden, Germany

1993 1999 2005 2011 2017 2023 2029

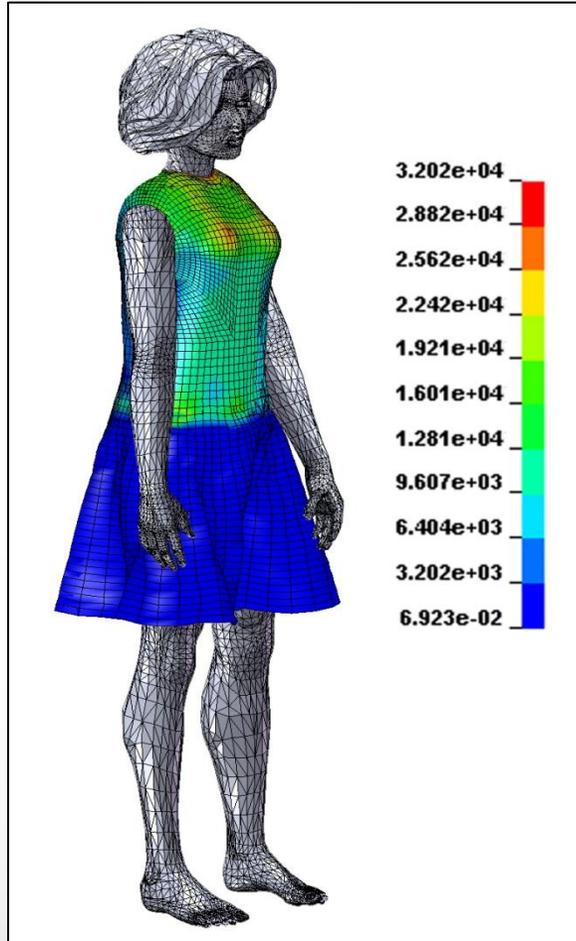




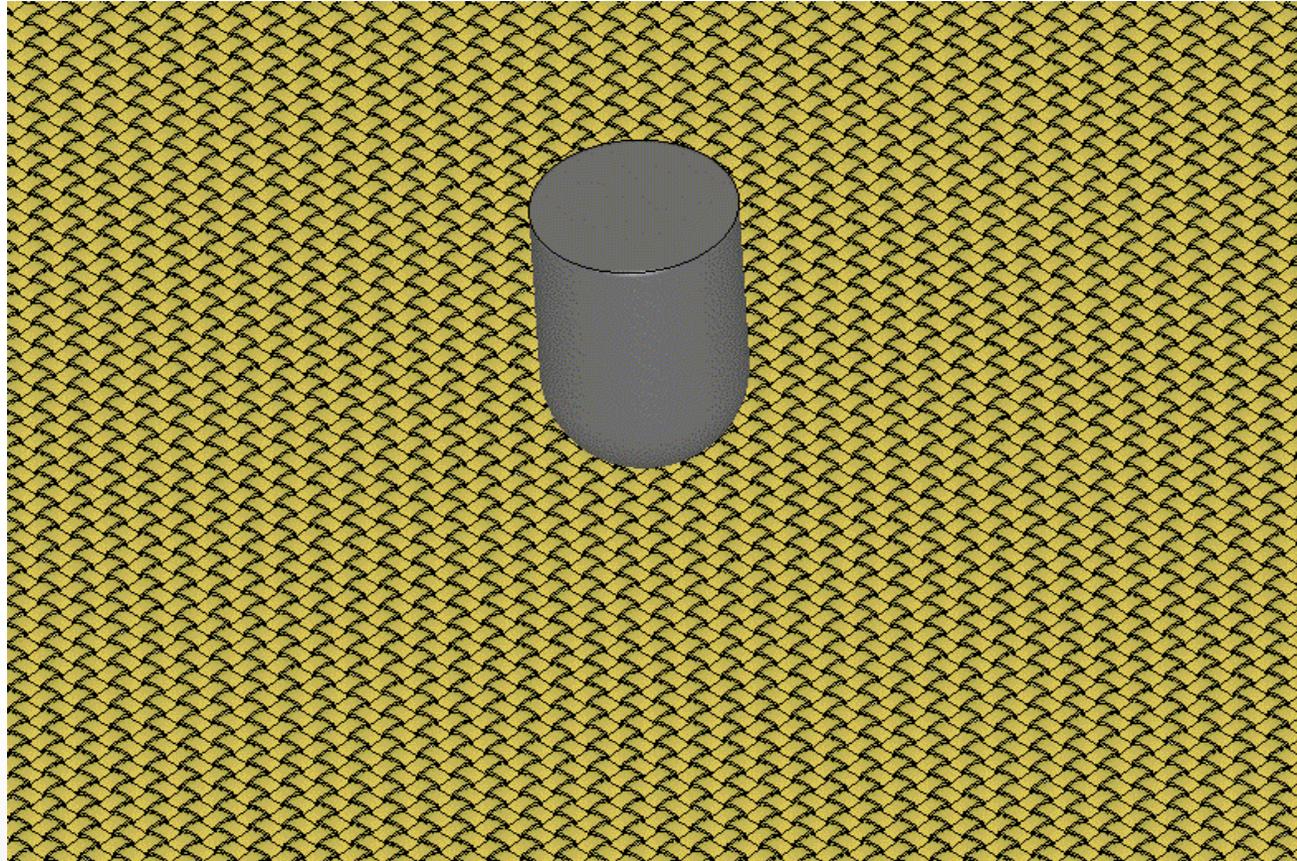


Трёхмерная модель батопорта

Механизм «одевания» виртуального платья на манекен



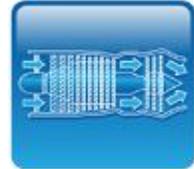
Процесс динамического взаимодействия баллистической ткани с пулей



Итог: кто получает преимущество от суперкомпьютеров?



3D Modeling & Visualization



Engineering Design



Bioinformatics



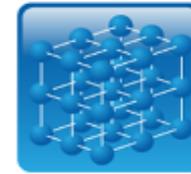
Energy



Broadcast & Film



Financial Analytics



Database Search & Business Intelligence



Game Development



Digital Content Creation



GIS & Satellite Imagery



Defense & Security



Medical Imaging & Analysis



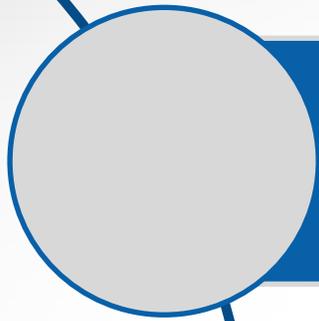
Science & Research



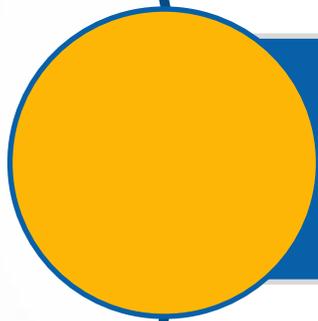
Signal Processing



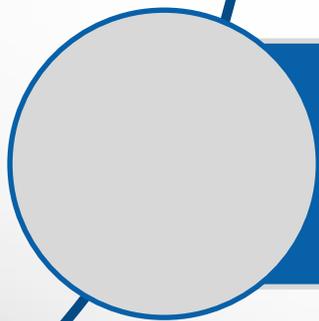
Telecommunications



Задачи



Архитектуры



Алгоритмика



Проблемно-ориентированный подход: от задач к железу и обратно

Задача 1

Сейсморазведка

Задача 2

Гидродинамика

Задача 3

Биофизика

Задача 4

Обработ. видео

Задача 5

Ваша задача

Аппар.арх. 1

Intel Xeon

Аппар.арх. 2

Intel Xeon Phi

Аппар.арх. 3

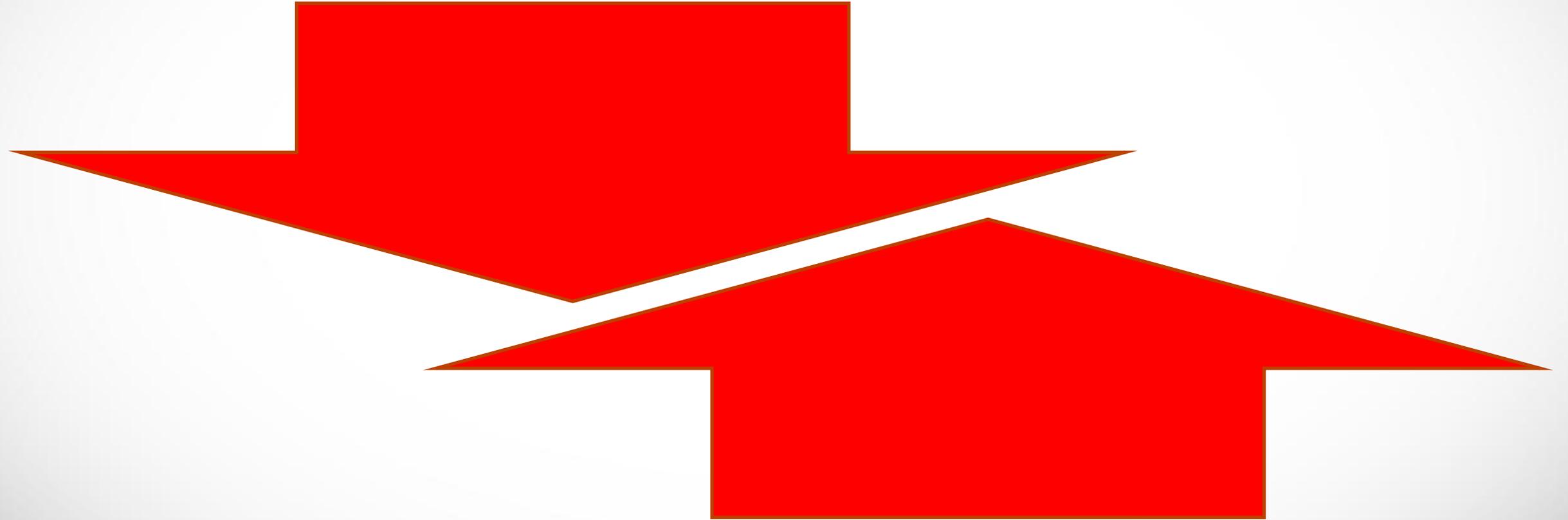
NVidia DGX-1

Аппар.арх. 4

Эльбрус

Аппар.арх. 5

FPGA





Проблемно-ориентированный подход: от задач к железу и обратно

Задача 1

Сейсморазведка

Задача 2

Гидродинамика

Задача 3

Биофизика

Задача 4

Обработ. видео

Задача 5

Ваша задача

1.1. Сверхидея

1.2. Предметные области

1.3. Задачи

1.4. Вычислительные модели

2. Пакеты:

- Профессиональные пакеты для различных предметных областей
- ...

3. Алгоритмы:

- Методики управления вычислениями
- Методики управления данными

4. Языки:

- Моделирования, Программирования, Библиотек, Ранее написанной функциональности, Оптимизации, Распараллеливания, ...

5. Инструменты:

- Среды разработчика,
- Среды исполнения,
- Оптимизации,
- Распараллеливания,
- Системное ПО
- ...

6. Вычислительные архитектуры

(Аппаратные архитектуры, интерконнект, СХД, инфраструктура)

- ядра-процессоры, память-СХД, коммуникации-компьютерные шины, узлы-кластера, ...

7. Решение:

- производительность
- энергоэффективность
- стоимость

Аппар.арх. 1

Intel Xeon

Аппар.арх. 2

Intel Xeon Phi

Аппар.арх. 3

NVidia DGX-1

Аппар.арх. 4

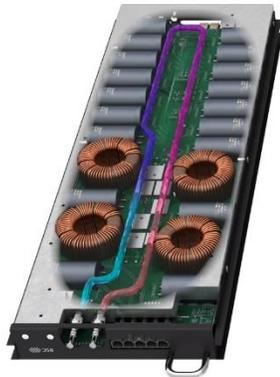
Эльбрус

Аппар.арх. 5

FPGA



Аппаратная архитектура суперкомпьютера



Уровень узлов и СХД

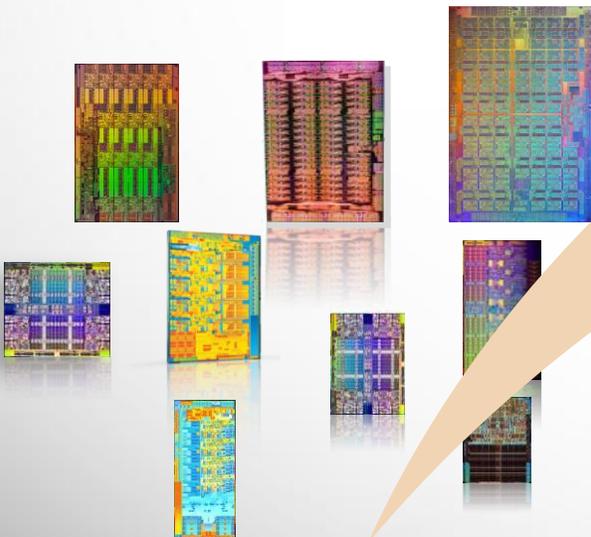


Уровень интер-коннекта

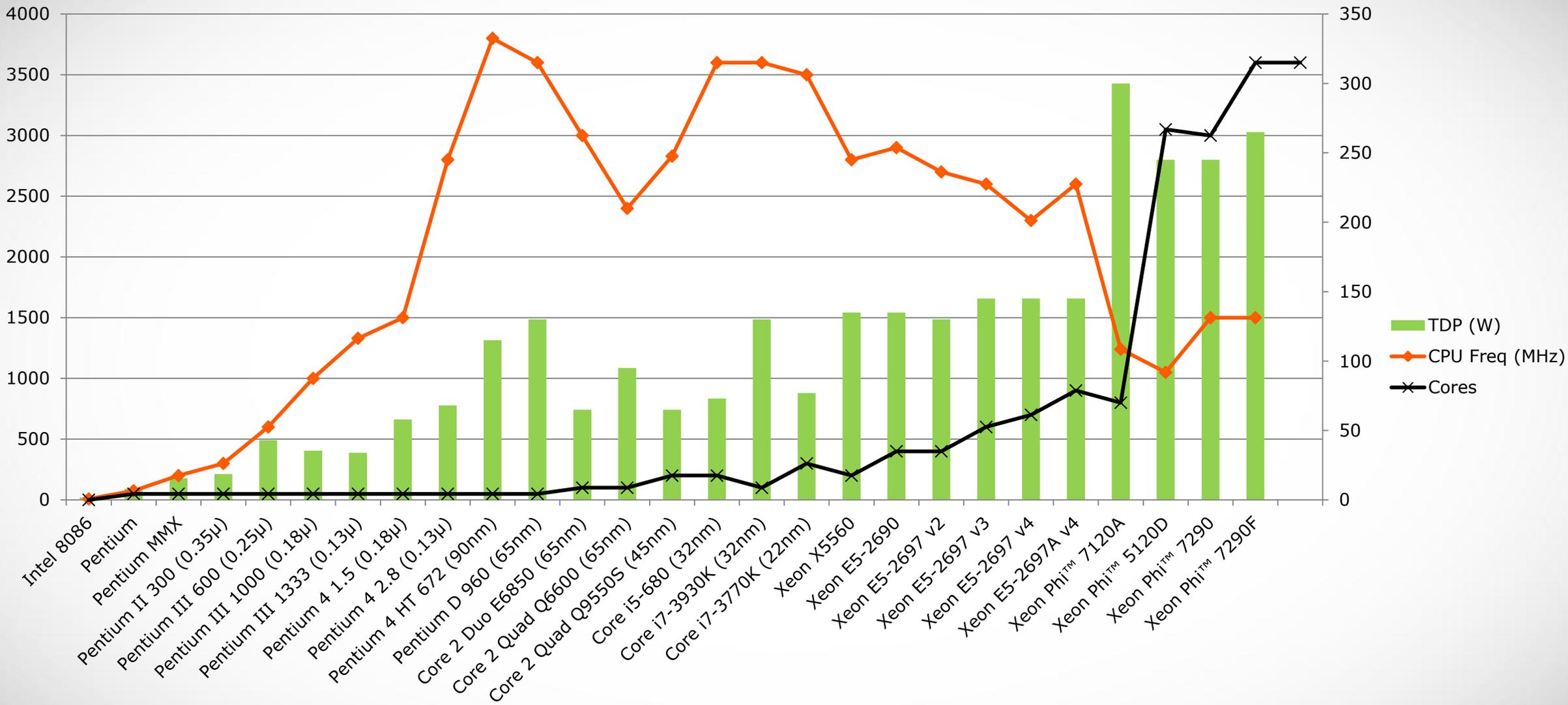
Уровень инфраструктуры



Уровень микросхем

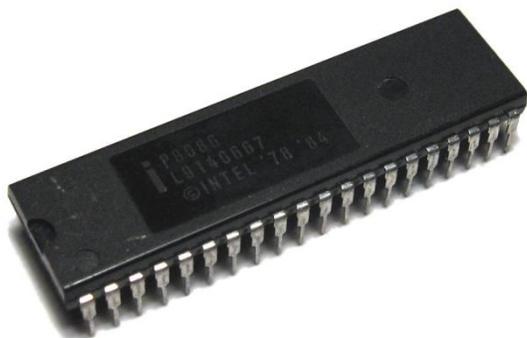
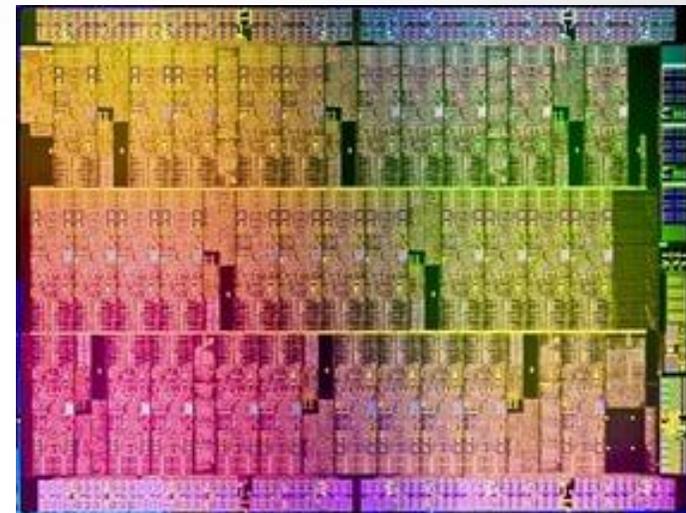
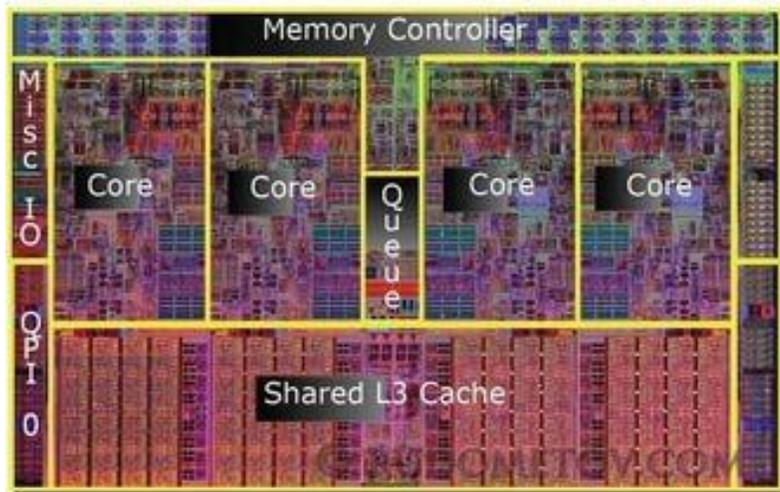
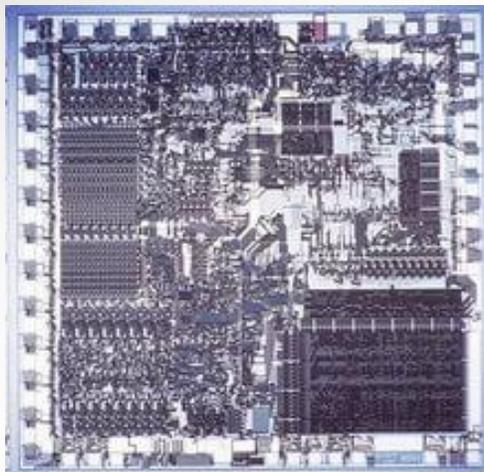


Рост тепловыделения процессоров



TDP – Thermal Design Power

Рост тепловыделения процессоров



1978г. 8 Вт



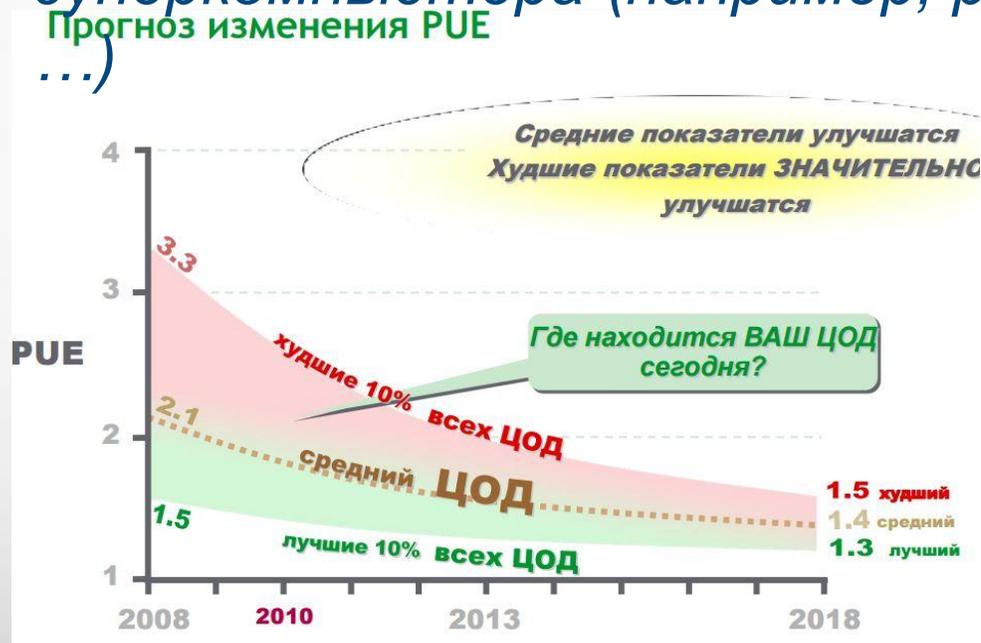
2014г. 140 Вт



2015г. 245 Вт

PUE (Power Usage Effectiveness) определяется как **отношение** общей потребленной суперкомпьютерным центром энергии к энергии, которая пошла непосредственно на нужды суперкомпьютера (например, работу процессора, памяти, ...)

Коэффициент PUE показывает сколько потребуется **дополнительной** энергии (“электрические потери”)



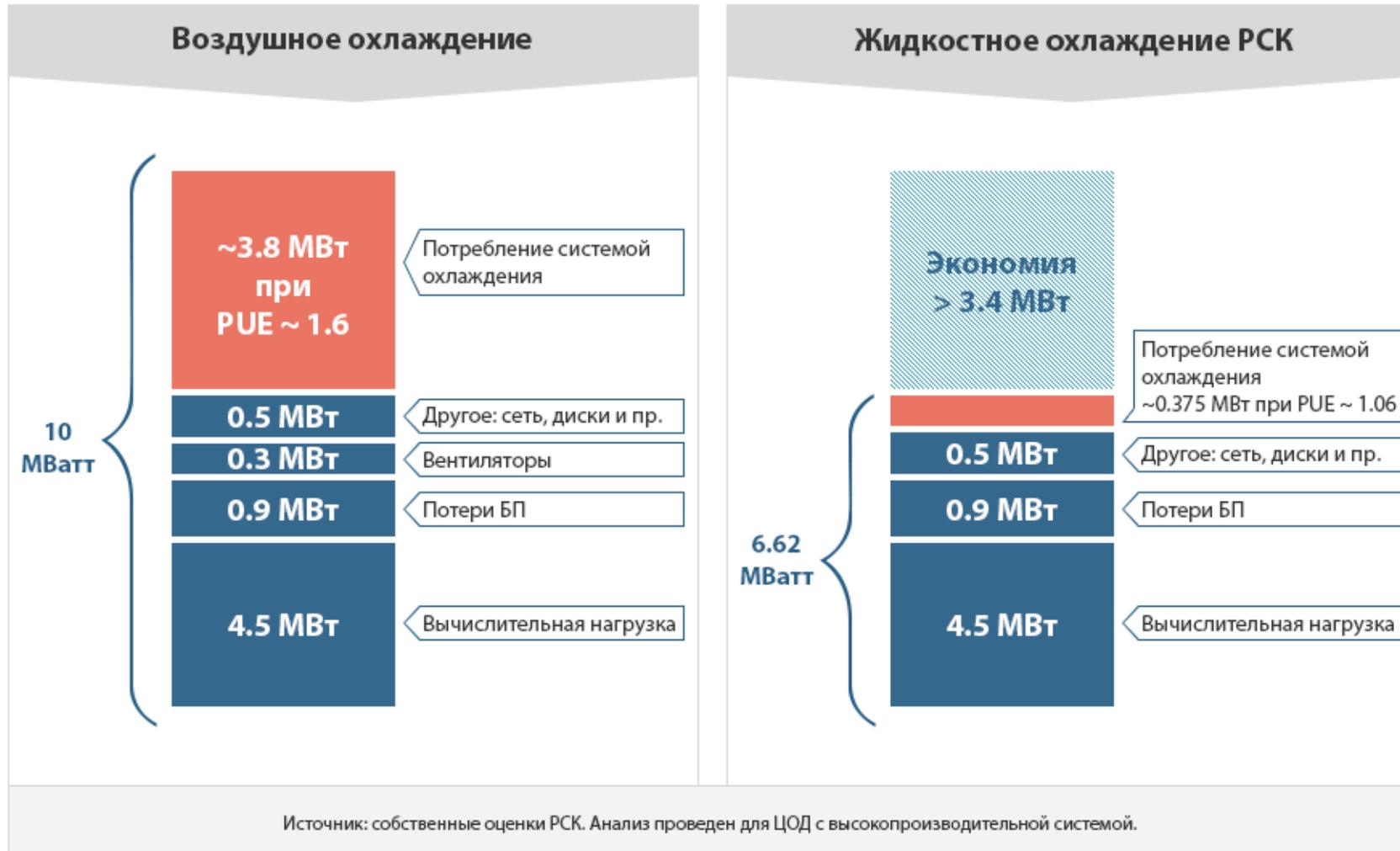
Основная технология:

- **Прямое жидкостное охлаждение**

Дополнительные подходы:

- Система **естественного кондиционирования** (free cooling, фрикулинг) – охлаждение за счет холодного воздуха снаружи
- Система на «горячей воде» (hot water cooling) – охлаждение при температуре хладоносителя +42 (для долговременной эксплуатации) и (кратковременно) до +65° С на входе в вычислительные узлы

ЦОДЫ РАВНОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ



Источник: собственные оценки PCK. Анализ проведен для ЦОД с высокопроизводительной системой.

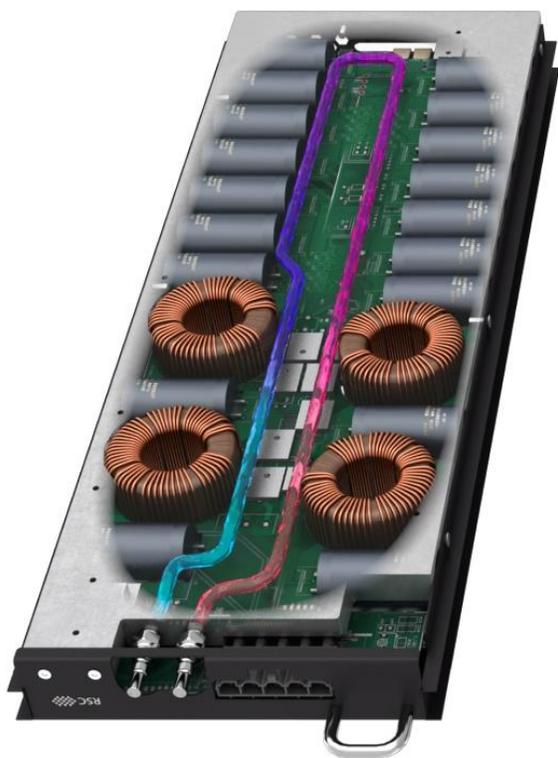
Киловатт-час (кВт*ч)
- единица измерения количества произведенной или потреблённой энергии

Считаем:

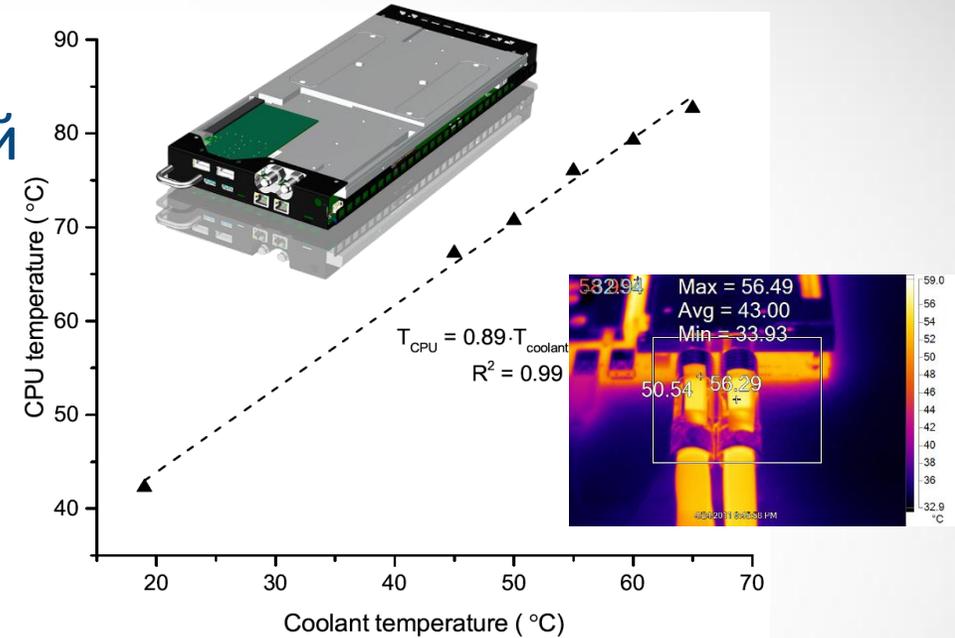
- $3\,400 \text{ кВт} * (365 * 24 \text{ ч}) = 29\,784\,000 \text{ кВт*ч}$
- Пусть цена 1 кВт*ч – 4 рубля (обычно 4-4,5 рублей для индустрии)
- Годовая экономия будет **119 136 000 рублей**



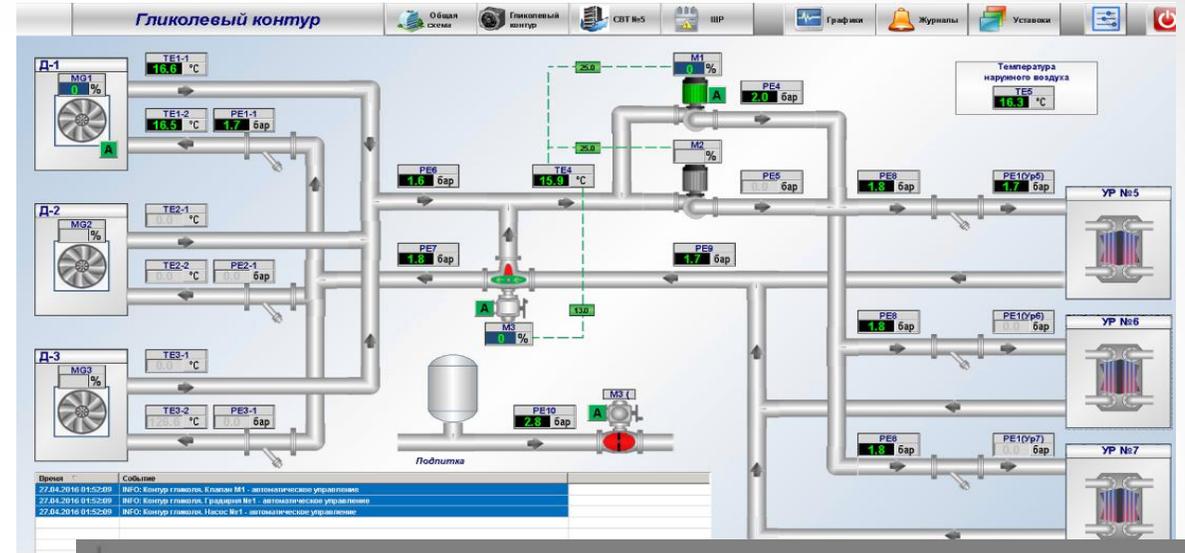
Принципы жидкостного охлаждения



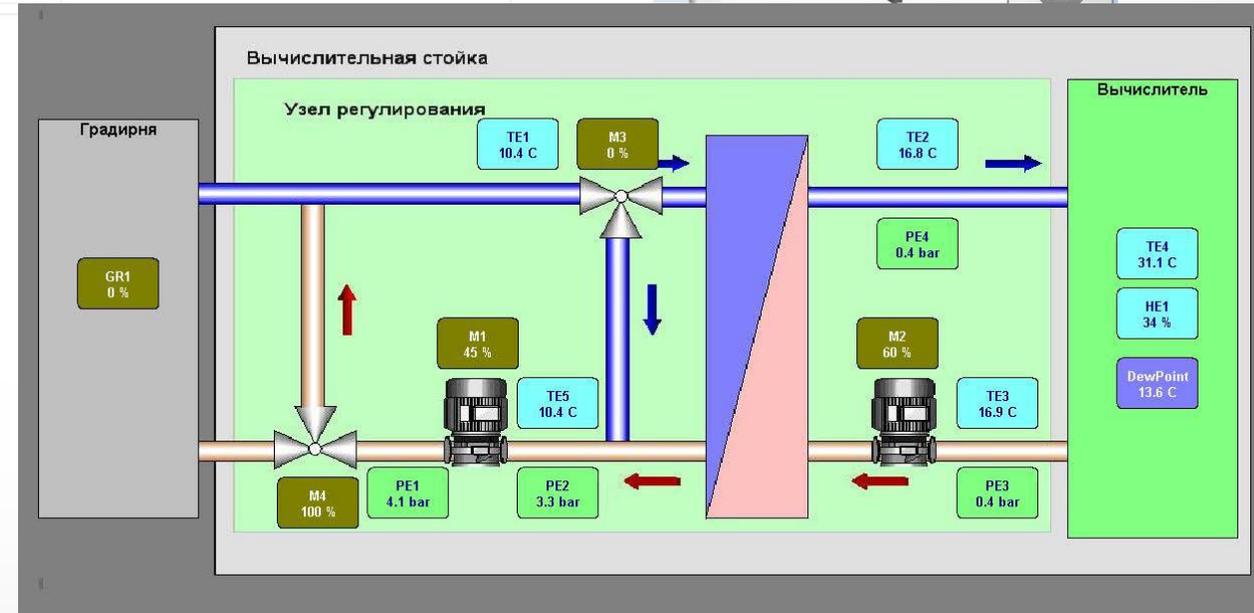
- Исследования показывают линейную зависимость между температурой охлаждающей жидкости на входе и температурой процессора при его максимальной загрузке
- Рабочая эксплуатация до +45 °C в МСЦ РАН
- Ухудшение производительности при температуре хладоносителя на входе в диапазоне 50-65 °C всего на 3%
- Пример тестирования (2 часа)
 - +19 °C на входе \Rightarrow LINPACK = 1001 TFLOPS
 - +45 °C на входе \Rightarrow LINPACK = 1003 TFLOPS
 - +57 °C на входе \Rightarrow LINPACK = 983 TFLOPS
- Оцениваем PUE < 1,04



Мы охладили вычислитель, что дальше?



- Чиллер (охлаждающая машина) - аппарат для охлаждения жидкости, использующий парокомпрессионный или абсорбционный холодильный цикл
- Градирня - устройство для охлаждения жидкости направленным потоком атмосферного воздуха



Энергоэффективность



Затраты на охлаждение 50%



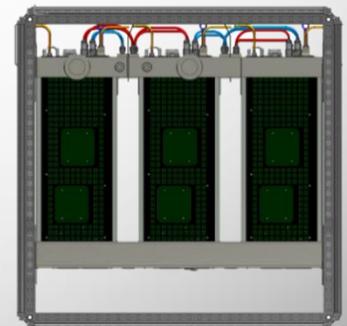
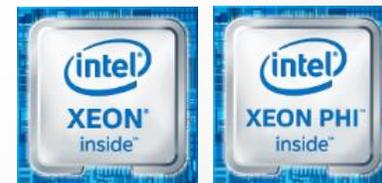
Затраты на охлаждение 6%

При равных затратах на электроэнергию более энергоэффективная вычислительная система обладает большей производительностью



Универсальный дизайн

- Лидирующая плотность компоновки в индустрии на объем
 - ⇒ до **153 узлов** в шкафу
- Полное жидкостное охлаждение всех компонент
 - ⇒ нет охлаждения воздухом
- Эффективная система электропитания
 - ⇒ поддержка **220 В** перемен. или **400 В** пост. тока
- Узлы на основе **Intel® Xeon® E5-2600 v4** и **Intel® Xeon Phi™ 7200**
- Поддержка высокоскоростных сетей до **200 Гбит/с** на узел
 - ⇒ **IB EDR, Intel® Omni-Path, Ethernet 10/40Gb**



МИРОВЫЕ РЕКОРДЫ



Вх. жидкость



100%

Жидкостное охлаждение



96% Eff.



плотность



РСК Торнадо

Узел на базе Intel Xeon

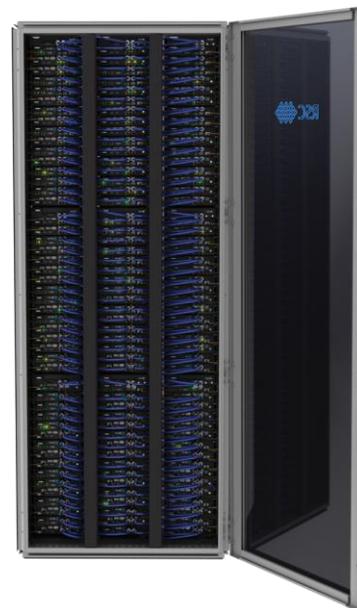
- Два Intel Xeon E5-2600 v4
- До 256 ГБ DDR4-2400 O3Y
- EDR IB, Omni-Path, 10/40/100 GigE
- 2x SATA и 1x NVMe SSDs



РСК Торнадо Phi

Узел на базе Intel Xeon Phi

- Intel Xeon Phi 7200
- До 192 ГБ DDR4-2400 O3Y + MCDRAM
- Omni-Path, EDR IB, 10/40/100 GigE
- 2x SATA и 1x NVMe SSDs



Унифицированный шкаф "РСК Торнадо"

- Гибкие опции наполнения:
- До 153 узлов РСК Торнадо [237 ТФЛОПС]
- До 153 узлов РСК Торнадо Phi [528 ТФЛОПС]
- Смешанное: РСК Торнадо / Торнадо Phi
- До 9 полностью независимых доменов
- 0,64 м² площадь, 2 м высота шкафа



Пакеты расширения РСК Торнадо

- HPC, Big Data, VDI, Security, Машинное обучение
- и другие по запросу



Блоки питания "РСК Торнадо"

230-400 В AC/DC 12 кВт
230-12 В AC/DC 2,1 кВт

- 100% жидкостное охлаждение
- Гибкое управление, формат узла
- Резервирование от N+1 до N+N
- Эффективность до 96%



- Самый современный и один из самых крупных в России вычислительных центров
- **Самая энергоэффективная система** в России
- Суммарная пиковая производительность – более **1,1 ПФЛОПС**
- **#3** в рейтинге **Top50**, **#131** в рейтинге **Top500**

Состав суперкомпьютера



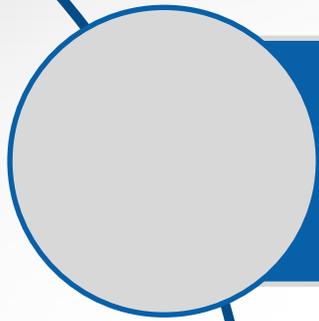
- «Политехник РСК Торнадо»:
 - Производительность – **830 ТФЛОПС**
 - Новые процессоры Intel® Xeon® E5-2697 v3
- «Политехник RSC PetaStream»:
 - Производительность – **295 ТФЛОПС**
 - Процессоры Intel® Xeon Phi™ 5120D

Решение актуальных проблем в:

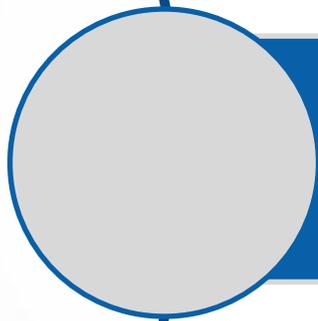
- механике,
- гидро- и аэродинамике,
- физике твердого тела и плазмы,
- материаловедении,
- электронике,
- вычислительной и квантовой химии,
- биофизике и биотехнологиях.

Проектирование новых образцов техники в:

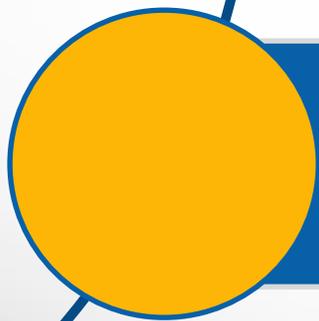
- энергетич. машиностроении,
- самолетостроении,
- биотехнологиях,
- радиоэлектронике.



Задачи

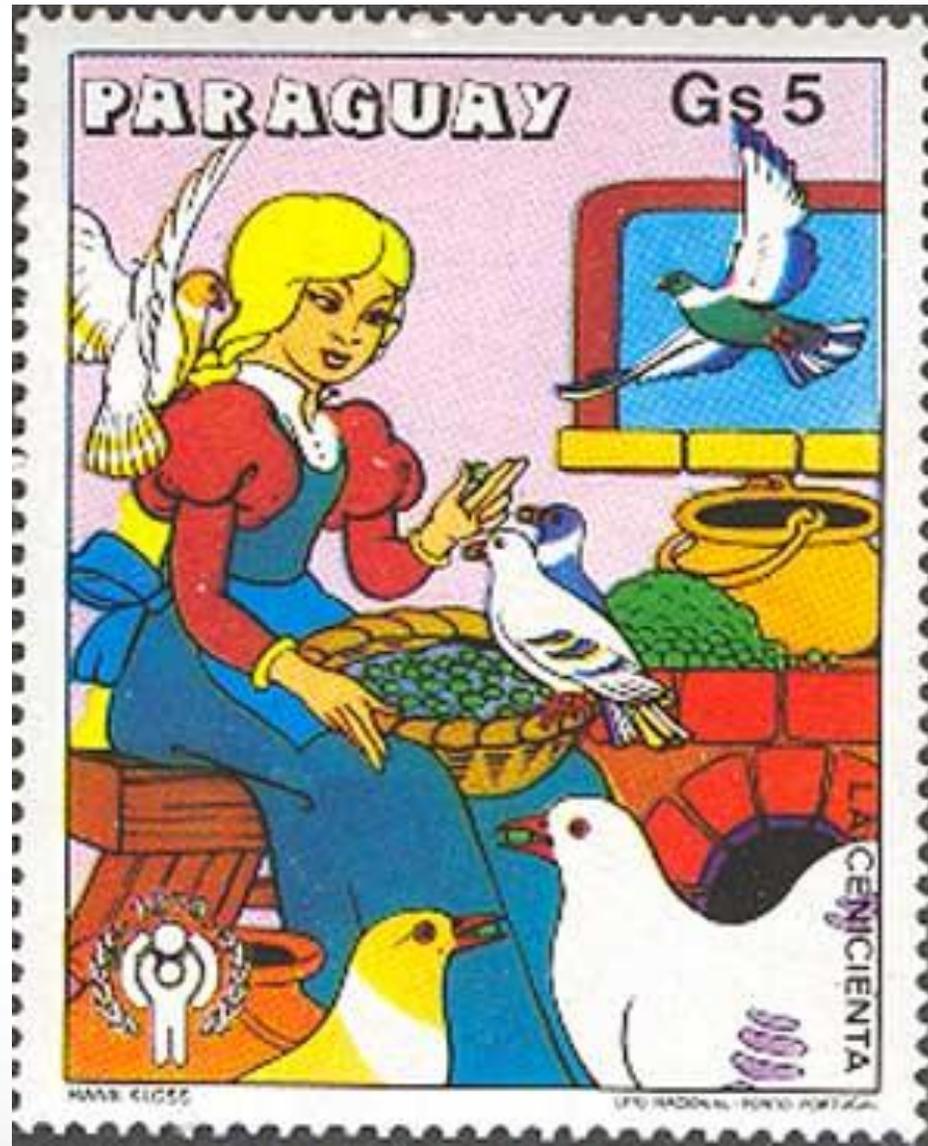


Архитектуры



Алгоритмика

«Эффект Золушки»



А в чем сложности написания параллельных программ?

Гранулярность задач (параллелизма)



Двух
СИЛЬНЫХ
быков



...или 1'024 курицы



...или 10'240'560 муравьев?

Если Вы собираетесь вспахать и обработать поле, что Вы предпочтете?

(высказывание Seymour Cray)

Slide 50/10/2008



Программа «Горыныч онлайн»



Спасибо!

www.rscgroup.ru

hq@rsc-tech.ru