

Энергоэффективные и компактные решения РСК для высокопроизводительных вычислений

Игорь Одинцов,
Руководитель направления НИР
Группа компаний РСК

VIII Международная молодежная
научно-практическая школа
«Высокопроизводительные вычисления
на Grid системах»
Архангельск, 6 февраля 2017 г.

Как проектировать?

А для САФУ?

И почему РСК?



Что такое суперкомпьютер?

Суперкомпьютер (англ. *Supercomputer*) — очень мощная специализированная вычислительная машина, значительно превосходящая по своим техническим параметрам и скорости вычислений большинство существующих в мире компьютеров*.

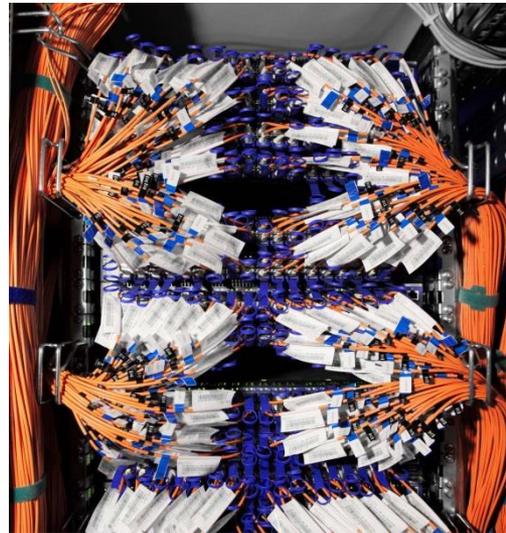
* Источник: Википедия <https://ru.wikipedia.org/wiki/Суперкомпьютер>



Современный суперкомпьютер – это совокупность большого числа (сотни или тысячи) высокопроизводительных серверов (узлов), соединённых друг с другом высокопроизводительным межсоединением (кластер) для достижения максимальной производительности путем распараллеливания вычислительных задач.



**Вычислительный узел «РСК Торнадо»
с жидкостным охлаждением**



Высокоскоростные межсоединения



**Вычислительный шкаф
«РСК Торнадо»**

Основные суперкомпьютерные центры в России

Санкт-Петербург:

- Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ)

Сибирь:

- ССКЦ Сибирское отделение РАН
- Тюменский государственный университет

Москва:

- МСЦ РАН
- Курчатовский институт
- Росгидромет
- МГУ

Урал:

- Южно-Уральский государственный университет (ЮУрГУ)



Задачи, проблемы,
исследования
(САФУ)

Пользовательские
пакеты, инструменты
разработчика,
администрирование
(Вендоры ПО)

Супер-
компьютер
(ЦОД)

Выч. узлы, СХД, сетевое
оборудование,
инфраструктура
(Вендоры «железа»)

Суперкомпьютерное
решение
(Группа компаний РСК)



Проблемно-ориентированный подход: от задач к железу и обратно

Обл1) Сейсморазведка

Обл2) Гидродинамика

Обл3) Биофизика

1.1. Предметные области и задачи

1.2. 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
(платформы и коммуникации)

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

7. Решение:

- производительность
- энергоэффективность
- стоимость

Арх1) Intel Xeon

Арх2) Intel Xeon Phi

Арх3) Эльбрус

Задачи, проблемы,
исследования
(САФУ)

Пользовательские
пакеты, инструменты
разработчика,
администрирование
(Вендоры ПО)

Супер-
компьютер
(ЦОД)

Выч. узлы, СХД, сетевое
оборудование,
инфраструктура
(Вендоры «железа»)

Суперкомпьютерное
решение
(Группа компаний РСК)

Основы современной науки, исследований и инженерных разработок

Эксперимент, Наблюдение



Теория

$$\frac{\partial u_r}{\partial \theta} + \frac{u_\phi}{r} \frac{\partial u_r}{\partial \phi} - \frac{u_\phi^2 + u_\phi^2}{r} = -\frac{\partial p}{\partial r} + \rho g_r$$

$$\frac{1}{\sin(\phi)^2} \frac{\partial^2 u_r}{\partial \theta^2} + \frac{1}{r^2 \sin(\phi)} \frac{\partial}{\partial \phi} \left(\sin(\phi) \frac{\partial u_r}{\partial \phi} \right) - 2 \frac{u_r + \frac{\partial u_\phi}{\partial \theta} + u_\phi}{r^2}$$

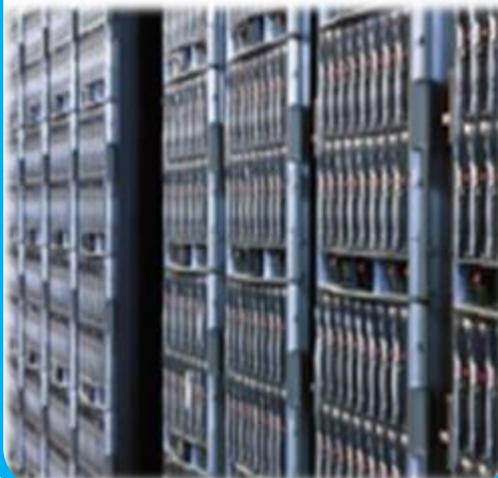
$$\frac{\partial u_\theta}{\partial \theta} + \frac{u_\phi}{r} \frac{\partial u_\theta}{\partial \phi} + \frac{u_r u_\theta + u_\theta u_\phi \cot(\phi)}{r} = -\frac{1}{r \sin(\phi)} \frac{\partial p}{\partial \theta} + \rho g_\theta$$

$$\frac{1}{\sin(\phi)^2} \frac{\partial^2 u_\theta}{\partial \theta^2} + \frac{1}{r^2 \sin(\phi)} \frac{\partial}{\partial \phi} \left(\sin(\phi) \frac{\partial u_\theta}{\partial \phi} \right) + \frac{2 \frac{\partial u_r}{\partial \theta} + 2 \cos(\phi)}{r^2 \sin(\phi)}$$

$$\frac{\partial u_\phi}{\partial \theta} + \frac{u_\phi}{r} \frac{\partial u_\phi}{\partial \phi} + \frac{u_r u_\phi - u_\theta^2 \cot(\phi)}{r} = -\frac{1}{r} \frac{\partial p}{\partial \phi} + \rho g_\phi$$

$$\frac{1}{\sin(\phi)^2} \frac{\partial^2 u_\phi}{\partial \theta^2} + \frac{1}{r^2 \sin(\phi)} \frac{\partial}{\partial \phi} \left(\sin(\phi) \frac{\partial u_\phi}{\partial \phi} \right) + \frac{2}{r^2} \frac{\partial u_r}{\partial \phi} - \frac{u_\phi + \dots}{r}$$

Численное моделирование

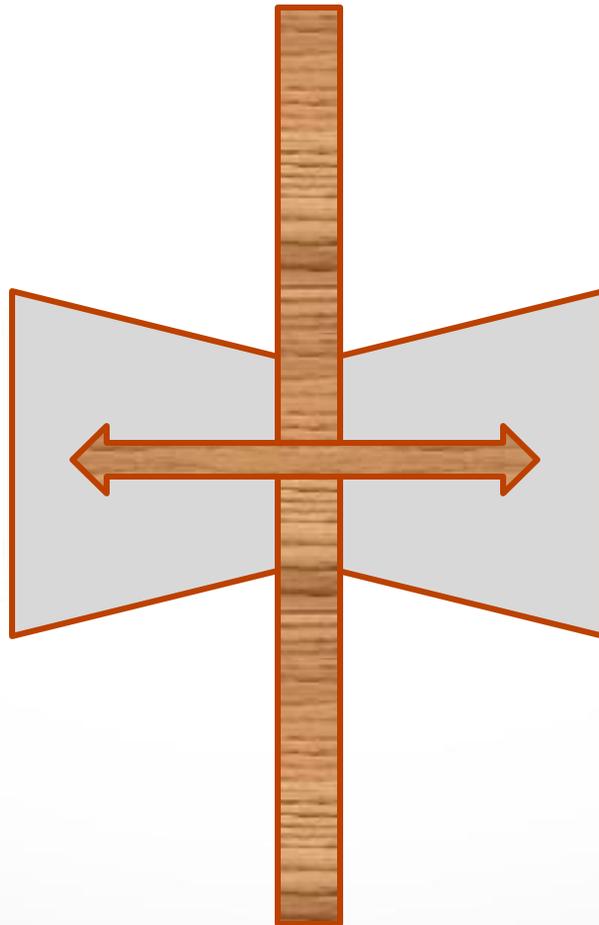


$$\frac{2\pi(\phi)}{1} \frac{g_\theta}{g_\theta n^\phi} + \frac{1}{1} \frac{2\pi(\phi)}{g} \frac{g_\phi}{g n^\phi} \left(\frac{2\pi(\phi)}{g n^\phi} \right) + \frac{1}{3} \frac{g_\phi}{g n^\phi} - \frac{1}{n^\phi + \dots}$$

$$\left(\frac{g_\theta}{g n^\phi} + \frac{1}{n^\phi} \frac{g_\phi}{g n^\phi} + \frac{1}{n^\phi n^\phi - n^\phi \cot(\phi)} \right) = -\frac{1}{1} \frac{g_\phi}{g_\theta} + b g_\theta$$

Психика

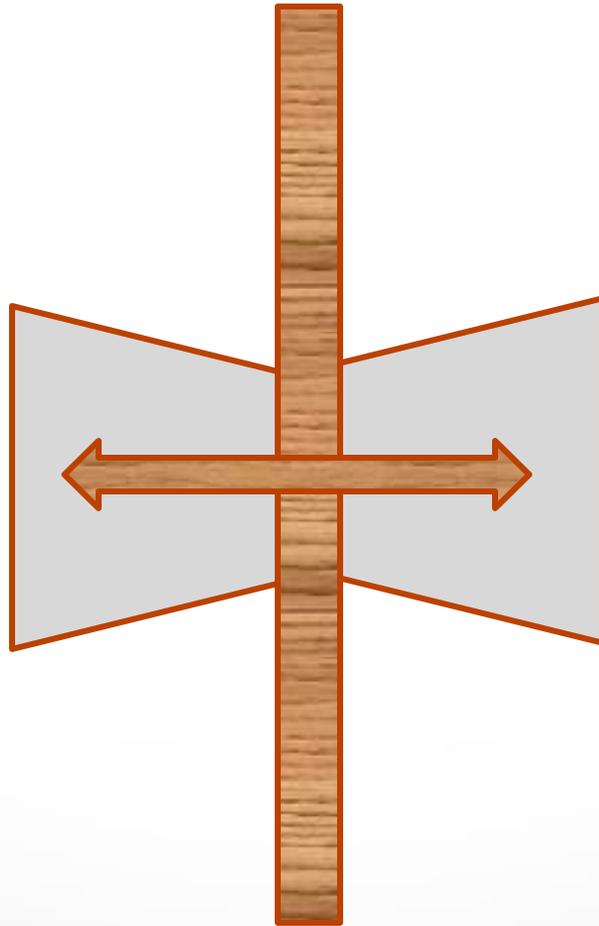
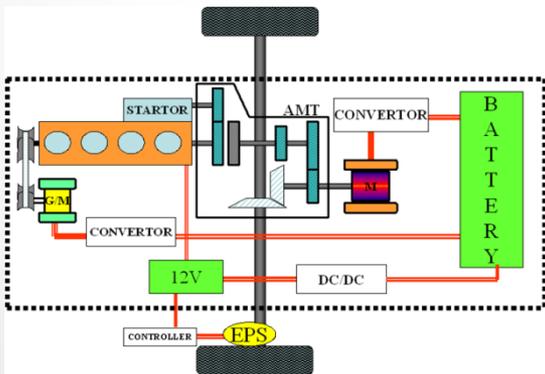
Реальный мир



- 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 краш-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

Финансовый
трейдинг

Газо-
гидродинамика

Бизнес

Новые пользователи

Глубокое обучение

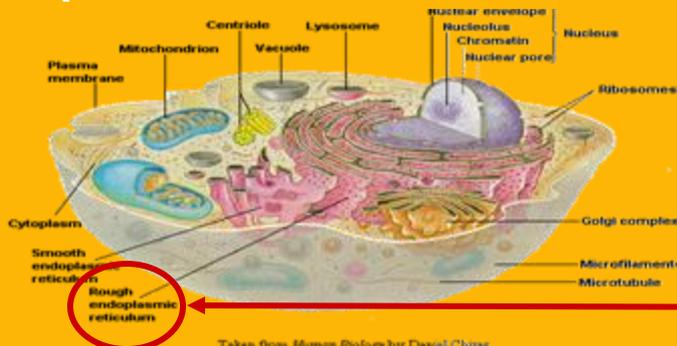
Анализ
Больших
данных

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 David Clark

Что можно моделировать сегодня ~100TF

Сумма
 Of Top 500

№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

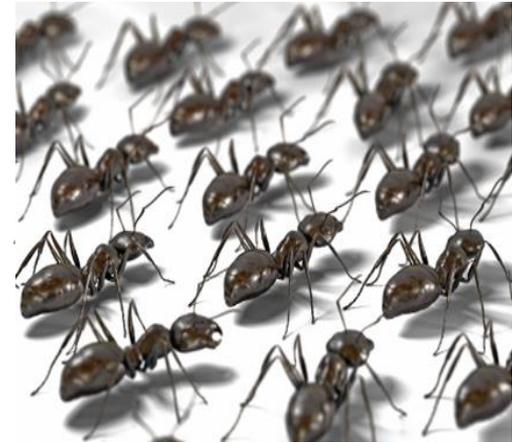
Гранулярность задач (параллелизма)



Двух
СИЛЬНЫХ
быков



...или 1'024 курицы



...или 10'240'560 муравьев?

(высказывание Seymour Cray)

Slide courtesy Dr. Gerhard Jost

Задачи, проблемы,
исследования
(САФУ)

Пользовательские
пакеты, инструменты
разработчика,
администрирование
(Вендоры ПО)

Супер-
компьютер
(ЦОД)

Выч. узлы, СХД, сетевое
оборудование,
инфраструктура
(Вендоры «железа»)

Суперкомпьютерное
решение
(Группа компаний РСК)

Задачи, проблемы,
исследования
(САФУ)

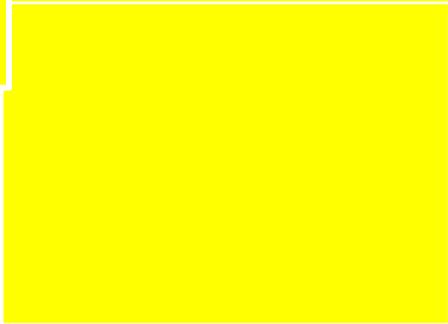
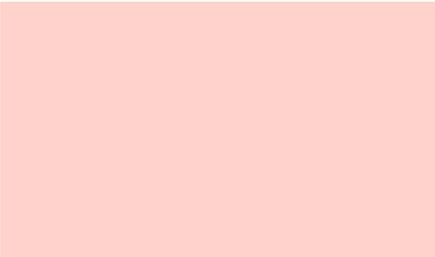
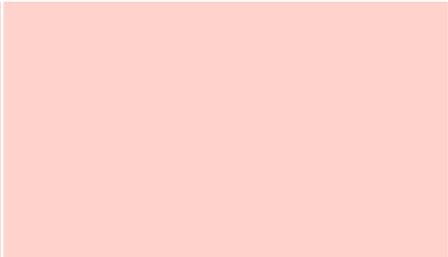
Пользовательские
пакеты, инструменты
разработчика,
администрирование
(Вендоры ПО)

Супер-
компьютер
(ЦОД)

Выч. узлы, СХД, сетевое
оборудование,
инфраструктура
(Вендоры «железа»)

Суперкомпьютерное
решение
(Группа компаний РСК)

Кто и что делает?

Категория Функцио- Нальность	Начинающий разработчик ПО (учащийся вуза)	Профессиональ- -ный разработчик ПО	Инженер- пользователь ПО
Создает новое ПО			
Дописывает или улучшает существующее ПО (пакеты)			
Пользуется существующим ПО (пакетами)			



Пакеты для областей в НРС

The screenshot shows the Intel Developer Zone website. At the top left is the Intel logo and the text "Developer Zone". To the right are buttons for "Join Today" and "Log in". Below the logo are navigation links for "Development", "Tools", and "Resources". A search bar contains the text "powered by Google" and a magnifying glass icon. The main banner features the text "Intel® Parallel Computing Centers (Intel® PCC)" and a sub-headline "Universities, institutions, and labs that are leaders in their field, focusing on modernizing apps." The background of the banner shows three men in a dark room looking at a large screen displaying a colorful map.

Imagine a future where medical treatments are personalized, where complex automobile and aircraft designs are virtually prototyped and visualized in hours instead of months, and where new discoveries in the fields of energy, finance, and weather occur daily. This is the ambitious, but realistic, vision we share as a technical computing community.



- Overview >
- Details**
- Training >
- Teaching >
- Current Centers >
- News & Events >



Приложения для суперкомпьютеров (пример СКЦ СПбПУ)

Область исследований	Приложения на кластерной систем РСК Торнадо	Приложения на массивно-параллельной архитектуре RSC PetaStream
Астрофизика	Cactus	AstroPhi
Науки о жизни, молекулярная динамика	NAMD, GROMACS, Amber	GROMACS
Науки о материалах, квантовая химия	NW CHEM, GAUSSIAN, VASP, Quantum Espresso, GAMESS, SOLPS-ITER	GAMESS(US)
Газовая, гидродинамика	CFX/Fluent, NTS (СПБПУ), SINF (СПБПУ)	ЦИАМ им. Баранова
Науки о земле, сейсмология, анализ данных ДЗЗ	Paradigm, ИКИ РАН, Photoscan	ИКИ РАН

Проблемно-ориентированное программирование: о важности библиотек

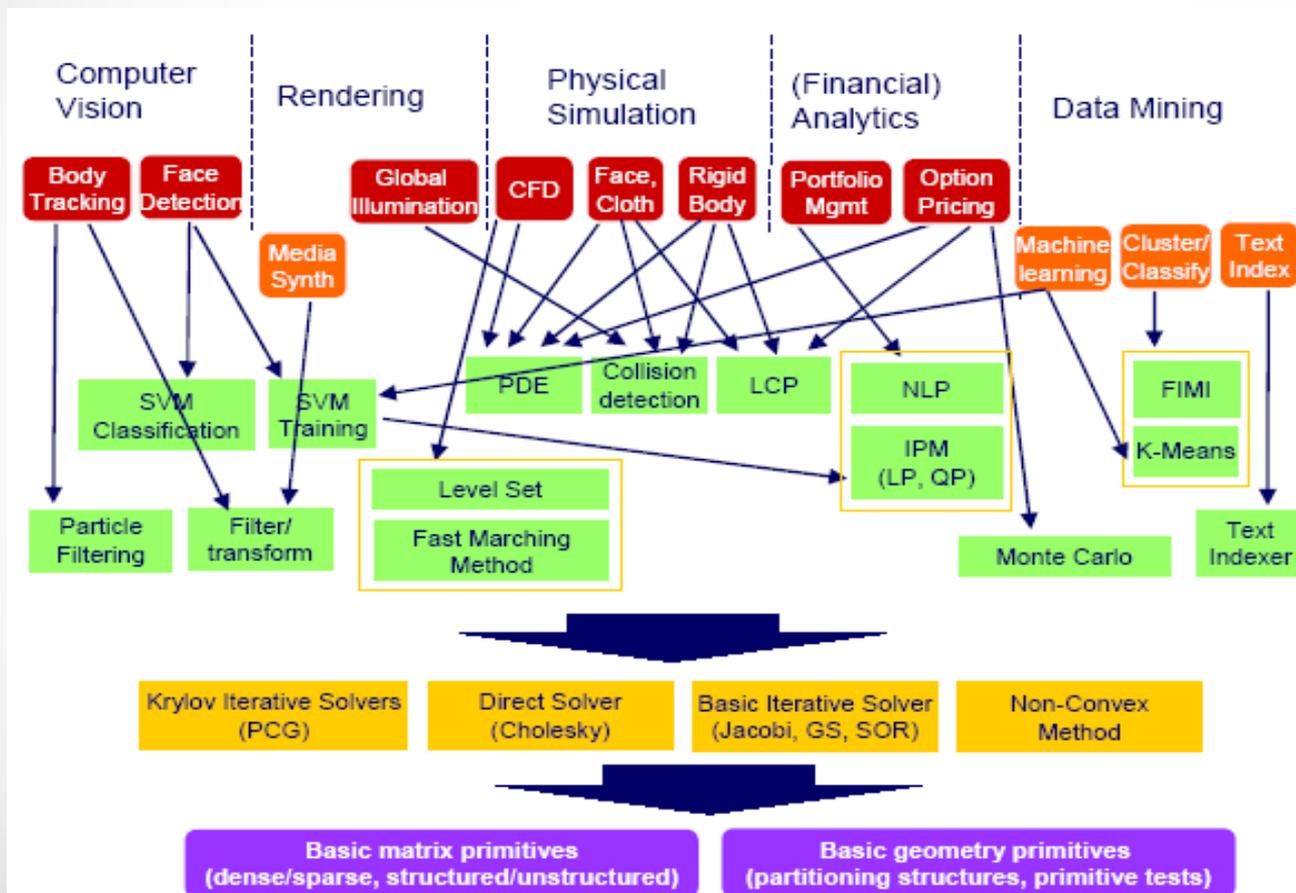


Figure 5. Intel's RMS and how it maps down to functions that are more primitive. Of the five categories at the top of the figure, Computer Vision is classified as Recognition, Data Mining is Mining, and Rendering, Physical Simulation, and Financial Analytics are Synthesis. [Chen 2006]

Открытая энциклопедия свойств алгоритмов

Добро пожаловать! Присоединяйтесь!

AlgoWiki - это открытая энциклопедия по **свойствам алгоритмов и особенностям их реализации** на различных программно-аппаратных платформах от мобильных платформ до эксафлопсных суперкомпьютерных систем с возможностью коллективной работы всего мирового вычислительного сообщества.

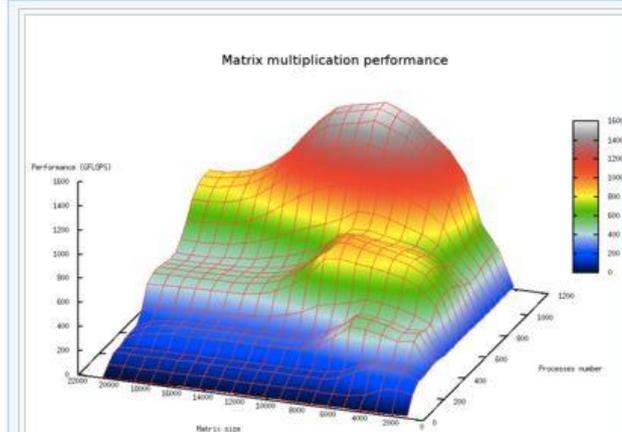
Цель **AlgoWiki** - дать исчерпывающее описание алгоритма, которое поможет оценить его потенциал применительно к конкретной параллельной вычислительной платформе. Кроме классических свойств алгоритмов, например, *последовательной сложности*, в AlgoWiki представлены дополнительные сведения, составляющие в совокупности полную картину об алгоритме: *параллельная сложность*, *параллельная структура*, *детерминированность*, *оценки локальности данных*, *эффективность* и *масштабируемость*, *коммуникационный профиль* конкретных реализаций и многие другие.

Читать подробнее: [О проекте](#)

Структура проекта

Классификация алгоритмов - основной раздел AlgoWiki, содержащий описания всех алгоритмов. Алгоритмы добавляются в подходящий раздел классификации, при необходимости классификация расширяется за счет новых разделов.

Изображение дня



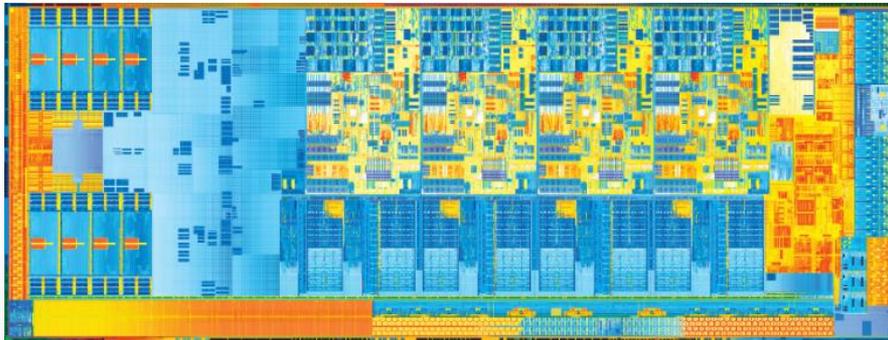
Производительность умножения плотных матриц

Организация работы

- Структура описания свойств алгоритмов
- Руководства по заполнению разделов описания



ПО - это катализатор для НРС





Создание быстрого кода... Быстро

- Intel® Parallel Studio XE
 - Разработка/проектирование, сборка, верификация и настройка
 - C++, C, Fortran и Java*
- Что нового?
 - Библиотека Intel® Data Analytics Acceleration
 - Vectorization Advisor:
Анализ и помощь в векторизации
 - MPI Performance Snapshot:
Оценка масштабируемости
 - Поддержка новейших Стандартов, Операционных систем и Процессоров



<http://intel.ly/perf-tools>

Задачи, проблемы,
исследования
(САФУ)

Пользовательские
пакеты, инструменты
разработчика,
администрирование
(Вендоры ПО)

Супер-
компьютер
(ЦОД)

Выч. узлы, СХД, сетевое
оборудование,
инфраструктура
(Вендоры «железа»)

Суперкомпьютерное
решение
(Группа компаний РСК)

Задачи, проблемы,
исследования
(САФУ)

Пользовательские
пакеты, инструменты
разработчика,
администрирование
(Вендоры ПО)

Супер-
компьютер
(ЦОД)

Выч. узлы, СХД, сетевое
оборудование,
инфраструктура
(Вендоры «железа»)

Суперкомпьютерное
решение
(Группа компаний РСК)

FLOPS (также flops, flop/s, ФЛОПС ФЛОП/с) (акроним от англ. **F**loating-**p**oint **O**perations **P**er **S**econd) — внесистемная единица, используемая для измерения производительности компьютеров, показывающая, сколько операций с плавающей запятой в секунду выполняет данная вычислительная система.*

$$\begin{array}{r}
 \times 123 \\
 \times 456 \\
 \hline
 738 \\
 + 615 \\
 492 \\
 \hline
 56088
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 \times 456 \\
 \times 123 \\
 \hline
 1368 \\
 + 912 \\
 456 \\
 \hline
 56088
 \end{array}$$



Ядра: немного мощных vs. много простых



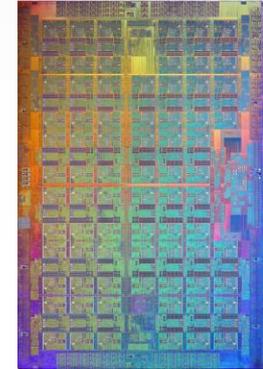
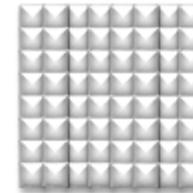
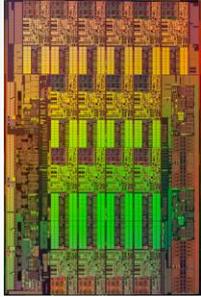
Десятки ядер
Высокая частота
Супер-современная микро-архитектура



Сотни ядер
Низкая частота
Упрощенная микро-архитектура



„Big Core“ – „Small Core“



Intel® Xeon® Processor

Simply aggregating more cores generation after generation is not sufficient

Performance per core/thread must increase each generation, be as fast as possible

Power envelopes should stay flat or go down each generation

Balanced platform (Memory, I/O, Compute)

**Cores, Threads, Caches,
SIMD**

Intel® Xeon Phi™ Processor

Optimized for highest compute per watt

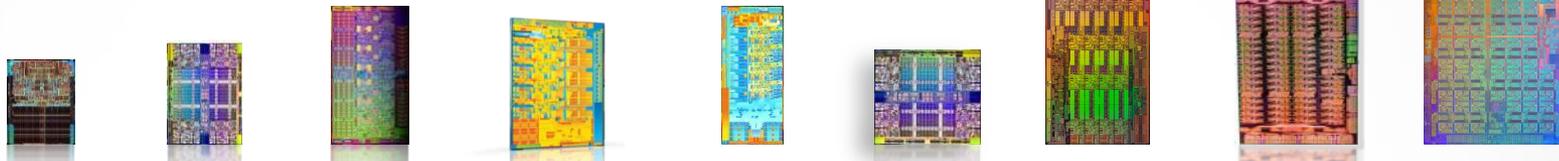
Willing to trade performance per core/thread for aggregate performance

Power envelopes should also stay flat or go down every generation

Optimized for highly parallel workloads

**Cores, Threads, Caches,
SIMD**

Parallel is the Path Forward

	Intel® Xeon® processor 5100 series	Intel® Xeon® processor 5500 series	Intel® Xeon® processor 5600 series	Intel® Xeon® E5-2600 processor code-named Sandy Bridge EP	Intel® Xeon® E5-2600 v2 processor code-named Ivy Bridge EP	Intel® Xeon® E5-2600 v3 processor code-named Haswell EP	Intel® Xeon® E5-2600 v4 processor code-named Broadwell EP
Core(s) up to	2	4	6	8	12	18	22
Threads up to	2	8	12	16	24	36	44
SIMD Width (bits)	128	128	128	256	256	256	256

Intel® Xeon Phi™ coprocessor code-named Knights Corner	Intel® Xeon Phi™ processor code-named Knights Landing
61	72
244	288
512	512

More Cores → More Threads → Wider Vector

Future hardware options subject to change without notice. See Intel.com for details.

Условия успеха Intel® Xeon Phi™

Хеон Phi?

Повысить скорость



-AND/OR-

Повысить ROI



Новые возможности



Приложения?†



Параллельность >100 потоков

И



Векторизация

-ИЛИ-



Локальность памяти

Да...



Экстремальный параллелизм

Иначе

...



Обычный процессор*

†Performance results on Xeon Phi will vary depending on app characteristics. For more information, see: <https://software.intel.com/sites/default/files/article/383067/is-xeon-phi-right-for-me.pdf>



Платформы и коммуникации

Наименование характеристики	Значение характеристики		
Процессор	Эльбрус-4С	E5-2697 v3	Intel Xeon Phi 7120D
Архитектура	e2k (VLIW)	x86_64	MIC
Тактовая частота, MHz	800	2600	1238
Число ядер	4	14	61
Количество потоков	4	28	244
Теоретическая (пиковая) производительность (64 разряда, двойная точность), GFlops	25,6	До 600	73,7
Кэш-память данных 1-го уровня (на ядро), KB	64	32 (8-way set)	32 (8-way set)
Кэш-память инструкций 1-го уровня (на ядро), KB	128	32 (8-way set)	32 (8-way set)
Кэш-память 2-го уровня (на ядро), KB	-	256 (8-way set)	512 (8-way set)
Кэш-память 3-го уровня (универсальная), MB	8	35	35
Пропускная способность каналов оперативной памяти, Gb/sec	38,4	68	352



«PSK ТОРНАДО» - ПРОГРАММНО-ОПРЕДЕЛЯЕМЫЕ РЕШЕНИЯ

УНИФИЦИРОВАННЫЕ БЛОКИ

МИРОВЫЕ РЕКОРДЫ



"PSK Торнадо"

Узел на базе Intel Xeon

- Два Intel Xeon E5-2600 v4 (вкл. top bin)
- До 256 ГБ DDR4-2400 ОЗУ
- EDR IB, Omni-Path, 10/40/100 GigE
- 2x SATA и 1x NVMe SSDs



"PSK Торнадо Phi"

Узел на базе Intel Xeon Phi

- Intel Xeon Phi 7200(F) (вкл. top bin)
- До 192 ГБ DDR4-2400 ОЗУ + MCDRAM
- Omni-Path, EDR IB, 10/40/100 GigE
- 2x SATA и 1x NVMe SSDs



Унифицированный шкаф "PSK Торнадо"

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



Пакеты расширения "PSK Торнадо"

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



Блоки питания "PSK Торнадо"

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

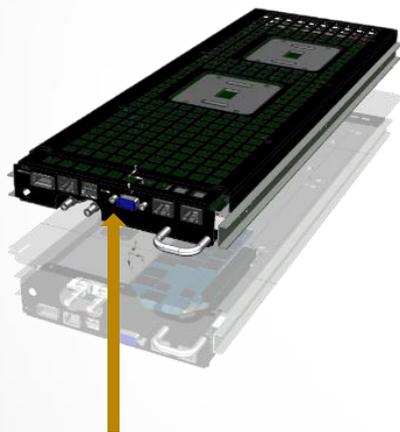
- 100% жидкостное охлаждение
- Гибкое управление, формат узла
- Резервирование от N+1 до N+N
- Эффективность до 96%

Компактный и легкий узел

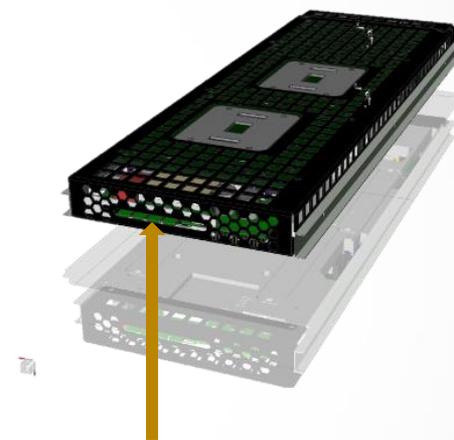
на основе процессоров Intel® Xeon 2699 v4 ⇒ 1,54 ТФЛОПС



Легкий доступ к платам
расширения и модулям памяти
Широкий спектр доступных
компонент



Защитный кожух

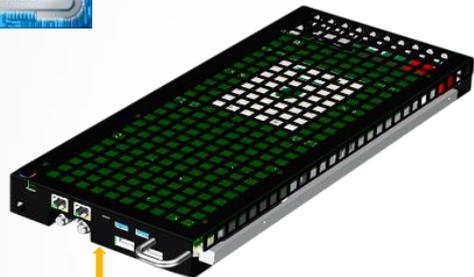


**Унифицированные
разъемы питания** для
упрощения
модернизации или
реконfigurирования



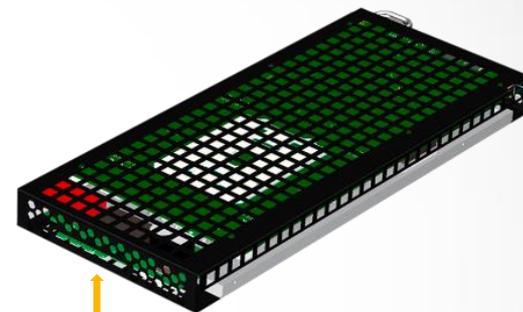
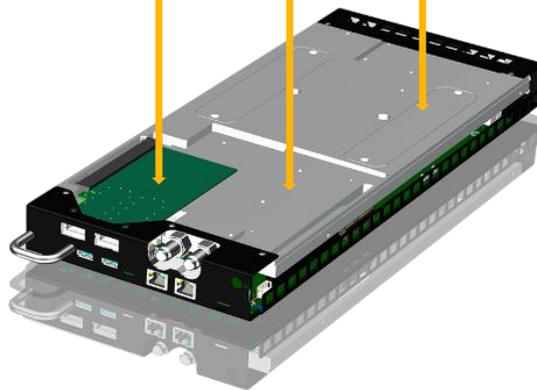
Компактный и легкий узел

на основе процессоров Intel® Xeon Phi™ 7290 ⇒ 3,46 ТФЛОПС



Защитный кожух

Легкий доступ к платам расширения и модулям памяти
Широкий спектр доступных компонент



Унифицированные разъемы питания для упрощения модернизации или реконfigurирования

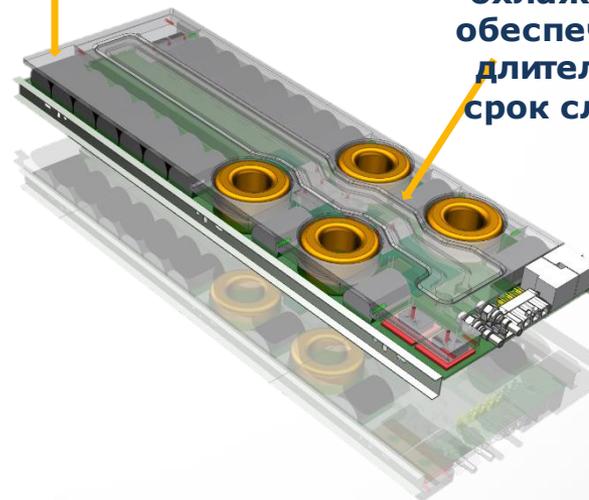
**Высокоэффективный преобразователь напряжения
220 В (АС) -> 400 В (DC)**

Возможность параллельной работы на **общую шину** нескольких БП



Унифицированный размер с другими типами узлов,
гибкость **реконfigurирования** степени резервирования подсистемы питания

Жидкостное охлаждение обеспечивает **длительный срок службы**

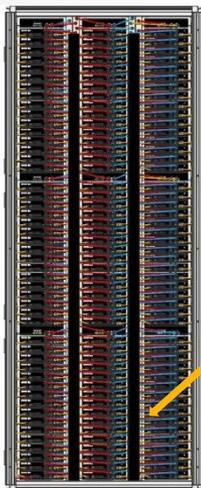


- Сенсоры/контроллеры элементов инфраструктуры и узлов
- Обеспечивают самодиагностику и самовосстановление
- Замена сбойных частей инициирует автоматическую реконфигурацию

**Встроенный
контроллер
управления
на узле**



Дизайн Rack-level для высокоплотных кластеров



Высокоплотный шкаф
**153 унифицированных
слота**
для узлов, модулей
питания, и пр.

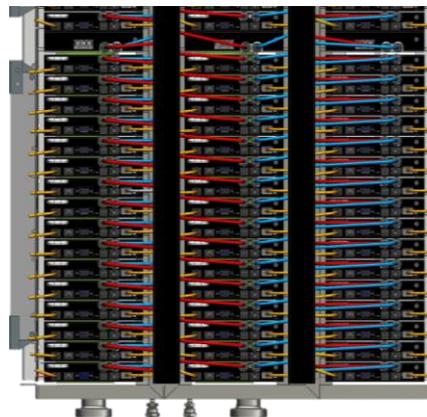
Максимальная конфигурация:
до **153 вычислительных
узлов**

или

144 вычислительных узла
9 модулей питания

или

.....



Гибкая конфигурация
избыточности доменов
питания
**от 16 до 50 вычислит.
модулей**
с резервированием до
N+3

или

15 вычислит. модулей
2 модуль питания

или

.....



**Эргономичная подсистема
кабелирования**
для большего удобства
обслуживания

- Лидирующая плотность компоновки в индустрии на объем

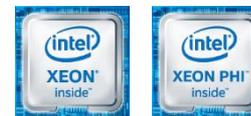
⇒ до **153 узлов** в шкафу

Полное жидкостное охлаждение всех компонент ⇒ нет охлаждения воздухом

- Эффективная система электропитания пост. тока

⇒ поддержка **220 В** перем. или **400 В**

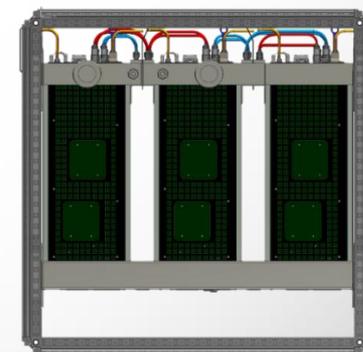
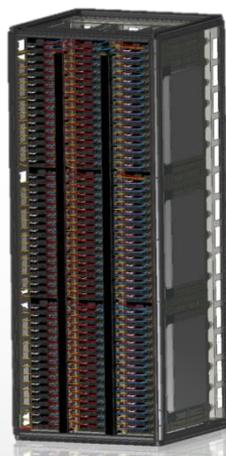
- Узлы на основе **Intel® Xeon® E5-2600 v3 (v4) Intel® Xeon Phi™**

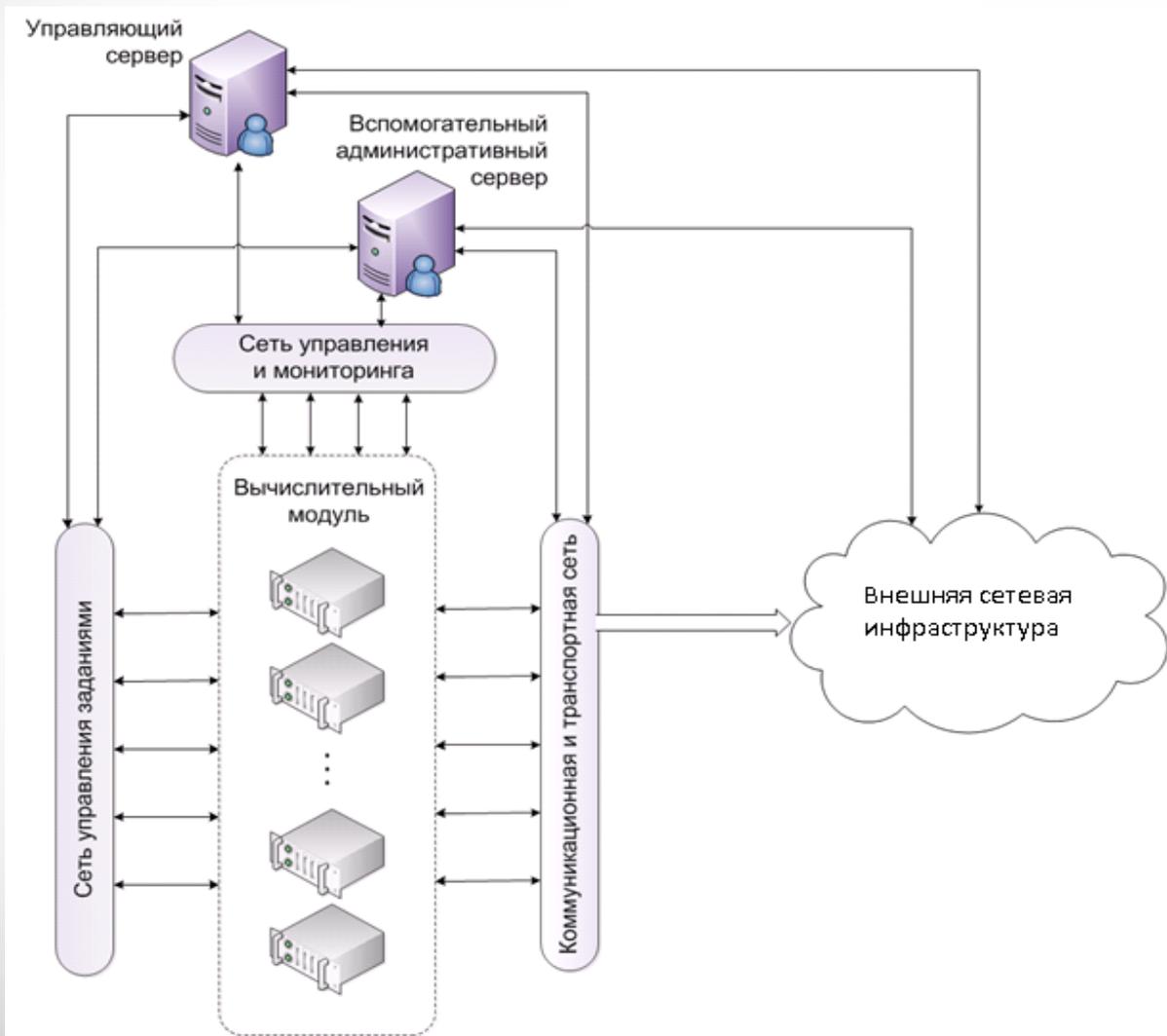


И

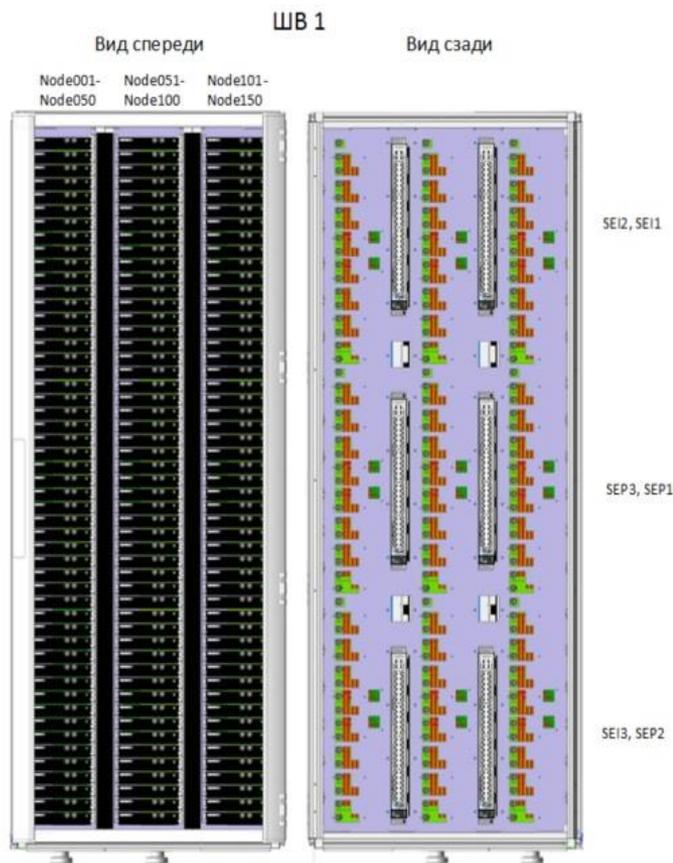
- Поддержка высокоскоростных сетей до **200 Гбит/с** на узел **10/40Gb**

⇒ **IB EDR, Intel® Omni-Path, Ethernet**





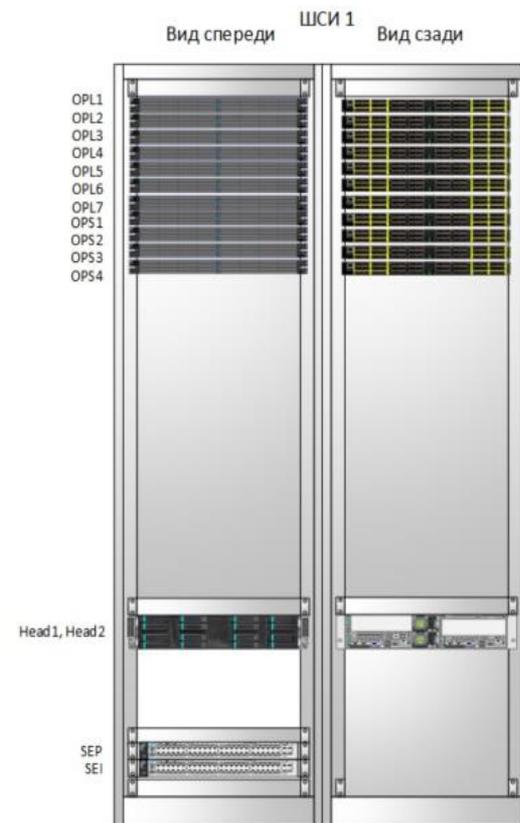
Шкафы вычислителя



SEI, SEI1-SEI3
 SEP, SEP1-SEP3
 OPS1-OPS4, OPL1-OPL7
 Node001-Node150

Коммутаторы сети управления и мониторинга (СУ) GigE
 Коммутаторы сети управления заданиями GigE
 Коммутаторы коммуникационной и транспортной сети 100Гбит/с
 Вычислительные узлы

Шкафы сетевой серверной инфраструктуры



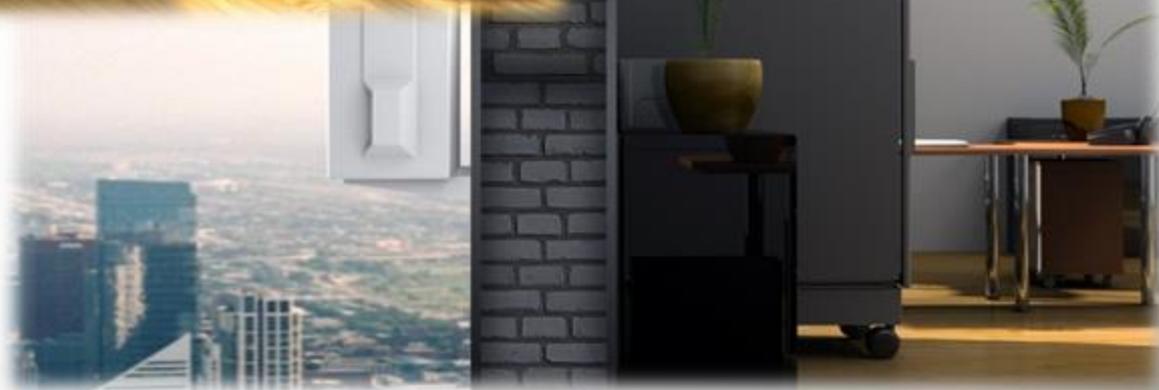
OPL1
OPL2
OPL3
OPL4
OPL5
OPL6
OPL7
OPS1
OPS2
OPS3
OPS4

Head1, Head2

SEP
SEI



Преимущества изделия типа микроЦОД



- **РСК микроЦОД** - компактное, энергоэффективное и высокопроизводительное решение начального уровня для высокопроизводительных вычислений и облачных сред на базе кластерной архитектуры "РСК Торнадо" с прямым жидкостным охлаждением всех электронных компонент
- МикроЦОД представляет собой компактную версию ЦОДа, разработанную с учетом индивидуальных потребностей заказчиков
- МикроЦОД дает широкие возможности для масштабирования системы в будущем благодаря широкой вариативности его конфигураций
- МикроЦОД позволяет заказчикам в сжатые сроки получать готовую отказоустойчивую ИТ-инфраструктуру



- Полнофункциональный ЦОД
- От 16 до 32 вычислительных узлов на базе «РСК Торнадо», сеть, быстрая СХД
- Компактность – менее 1 кв.м.
- Включает все необходимые инфраструктурные компоненты:
 - подсистема охлаждения
 - система электропитания
 - противопожарная система
 - система АСУТП



Шкаф микроЦОД:

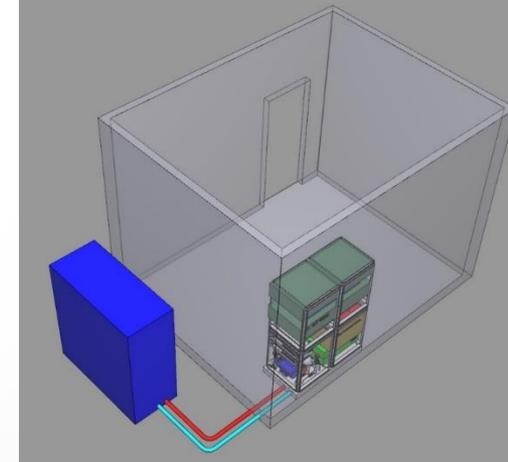
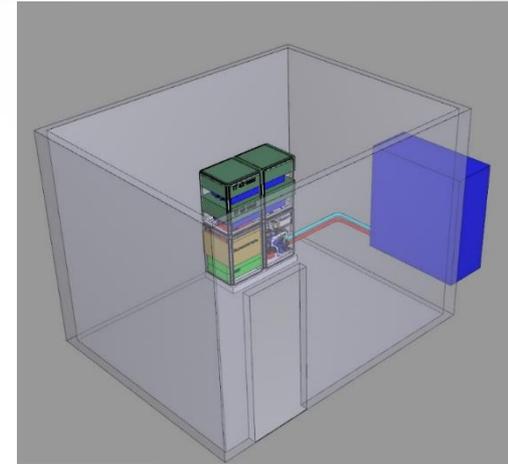
- Вычислитель РСК с жидкостным охлаждением до 20 кВт
- Воздухоохлаждаемое оборудование мощностью до 5кВт
- Подсистема распределения и контроля электропитания
- АСДУ для управления и аварийного отключения
- Опционально:
 - ИБП мощностью до 10 кВт
 - Подсистема пожаротушения
 - Подсистема контроля доступа

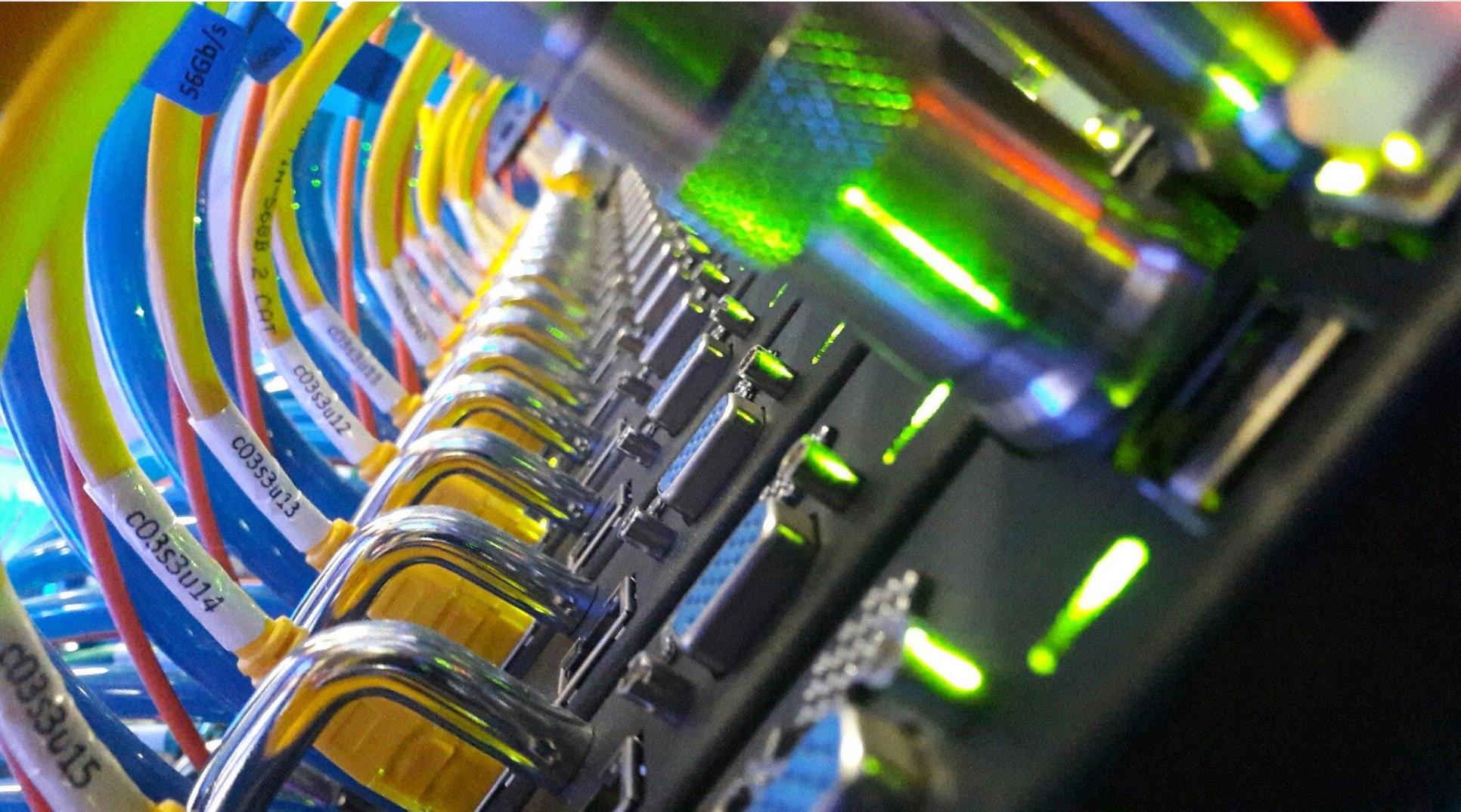
Внешние элементы микроЦОД:

- Чиллер/чиллер с градирней с диапазоном рабочих температур -40С- +50С и мощностью 12-25 кВт

Чиллер (водоохлаждающая машина) - аппарат для охлаждения жидкости

Градирня - устройство для охлаждения большого количества воды направленным потоком атмосферного воздуха.





Задачи, проблемы,
исследования
(САФУ)

Пользовательские
пакеты, инструменты
разработчика,
администрирование
(Вендоры ПО)

Супер-
компьютер
(ЦОД)

Выч. узлы, СХД, сетевое
оборудование,
инфраструктура
(Вендоры «железа»)

Суперкомпьютерное
решение
(Группа компаний РСК)

Задачи, проблемы,
исследования
(САФУ)

Пользовательские
пакеты, инструменты
разработчика,
администрирование
(Вендоры ПО)

Супер-
компьютер
(ЦОД)

Выч. узлы, СХД, сетевое
оборудование,
инфраструктура
(Вендоры «железа»)

Суперкомпьютерное
решение
(Группа компаний РСК)

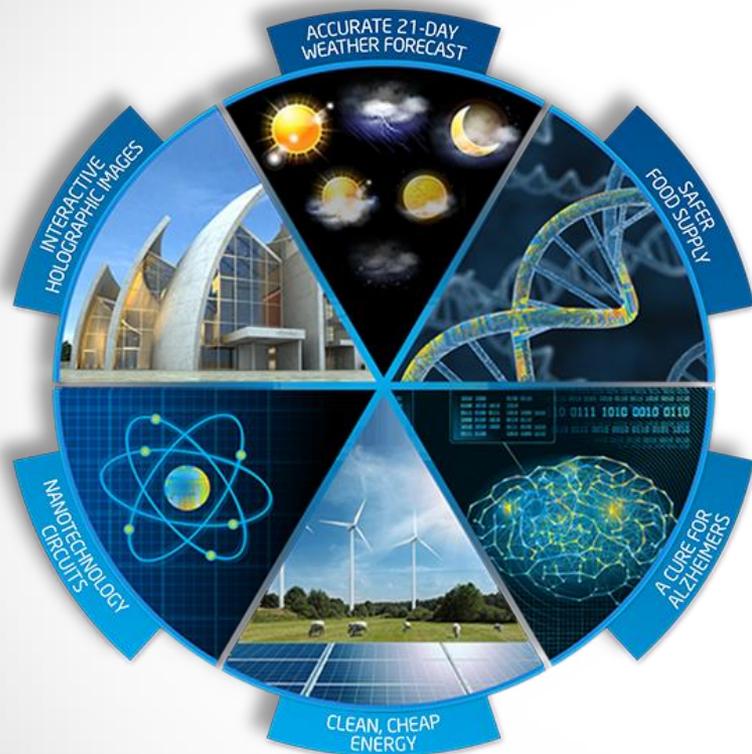


Сделано в России



- Российский разработчик и системный интегратор с 2009 г.
- Все центры разработки находятся в РФ
- Производится на российских предприятиях, интегрируется в России под ключ
- Уникальные технологии, не имеющие мировых аналогов или на уровне лучших в мире
- Защищено патентами РФ и международными
- Импортозамещение – система охлаждения, система мониторинга и управления, интегрированный стек ПО, эффективное электропитание и управление серверными фермами
- Готовность использовать отечественные процессоры («Эльбрус») и коммуникационные сети





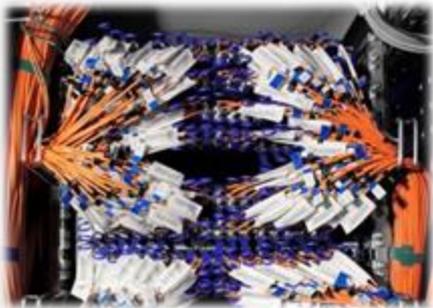
Постоянное развитие науки требует все больших и больших вычислительных ресурсов для моделирования и решения различных задач.



- **Обеспечение параллельной работы десятков-сотен тысяч вычислительных ядер**
- **Эффективный отвод тепла**
- **Компактный размер**
- **Высокоскоростные соединения**
- **Эффективные методы управления**



- Эффективное жидкостное охлаждение
- Компактный дизайн



- Высокоскоростное межсоединение (интерконнект)



- Единая точка мониторинга и управления
- Эффективное управление энергопотреблением



РСК микроЦОД

РСК миниЦОД

РСК ЦОД



Кластерная архитектура «РСК Торнадо»



Системы с массивной параллельностью RSC PetaStream



Технико-экономическая эффективность

производительность вычислений

- измеряется в GFLOPs

Энергопотребление

- измеряется в kW·h

стоимость оборудования

- **Многоядерные процессоры**

- ⇒ Приложениям потребуется использовать миллионы потоков
- ⇒ Более мощные векторные команды/команды SIMD, ограниченные ресурсы памяти и уменьшенное время задержек
- ⇒ Сложная иерархия памяти, ограниченные возможности ввода/вывода

- **Массивно-параллельная система для удовлетворения потребностей экзафлопсного уровня**

- ⇒ Система для процессоров с большим количеством ядер
- ⇒ Архитектура, поддерживающая масштабирование вычислительных ресурсов, систем хранения данных и сетевых подсистем до решений экзафлопсного уровня

- **Защита инвестиций в ПО**

- ⇒ На базе стандартной архитектуры x86
- ⇒ Использование существующих моделей программирования, возможность использования имеющихся приложений
- ⇒ Защита инвестиций в оптимизацию ПО для будущих многоядерных платформ



Наши технологии и решения

Кластерная архитектура
«**РСК Торнадо**»



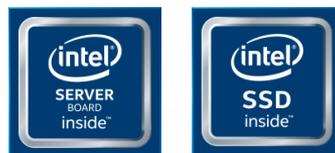
Массивно-параллельная архитектура **RSC PetaStream**

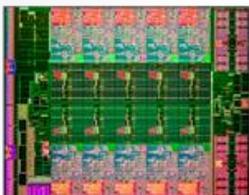


до **100 кВт** и **150 узлов**
279 ТФЛОПС
на шкаф 42U (1,28 м³)



до **400 кВт** и **1024 узла**
1,2 ПФЛОПС
на шкаф (2,0 м³)





Процессор

- Intel® Xeon® E5-2600 v3
- До 18 ядер x86 / 36 потоков
- 0.66 ТФЛОПС (пик. произв-ть)
- 68 ГБ/с пик. пропускная способность памяти
- 45 МБ общей кеш-памяти



Вычислительный узел

- Двухпроцессорная конфигурация
- До 256 Гб DDR4-2133 памяти
- Интегрир. интерконнект InfiniBand FDR/QDR до 56 Гб/сек
- Дополнительный слот PCIe Gen3 x16 (IB, OPA, FC, NVMe,...)
- Жидкостное охлаждение компонентов
- ОС: Linux, Windows
- Виртуализация: Hyper-V, VMware, Xen, KVM



Пакет расширения РСК «Торнадо»:

- HPC Expansion Pack
- BigData Expansion Pack
- VDI Expansion Pack
- Security&Protection Expansion Pack
- Connectivity Expansion Pack
- SDM Expansion Pack
- и другие пакеты, доступные по запросу



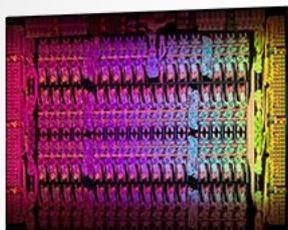
Кластерная система

- Идеальна для создания систем петафлопсного диапазона
- Расширяемая в соответствии с требованиями заказчиков
- Гибкие сетевые возможности
- Основана на широко доступных компонентах



Вычислительный шкаф

- Производительность до 279 ТФЛОПС или 150 серверов с самыми производительными процессорами семейства Intel Xeon E5 2600 v3 (и далее v4)
- Полный интегрированный стек программного обеспечения «РСК БазИС», оптимизированный для высокопроизводительных и облачных вычислений
- Единая точка мониторинга и управления всей системой
- Занимаемая площадь 0.64 м²



Процессор

- Intel® Xeon Phi™
- 61 ядро x86 / 244 потока
- > 1,2 ТФЛОПС (пиковая производительность)
- 352 ГБ/с пик. пропускная способность
- 30 МБ общей кеш-памяти

Вычислительный узел

- Intel® Xeon Phi™ 7120D
- Один процессор
- 16 ГБ памяти
- 64 Гбит/с пропускная способность подсистемы ввода/вывода
- Linux μOS

Вычислительный модуль

- 8 Вычислительных узлов
- Несколько вычислительных узлов
- > 200 Гбит/с пропускная способность подсистемы ввода/вывода
- Жидкостная система охлаждения
- Встроенная система управления
- Эффективное электропитание



Система

- Идеальна для создания суперкомпьютеров экзафлопного диапазона
- Надежная жидкостная система охлаждения РСК
- Линейно масштабируемая, в соответствии с требованиями заказчиков
- Гибкие сетевые возможности
- Основана на широко доступных стандартных компонентах

Шкаф

- Более 1,2 ПФЛОПС (пиковая производительность)
- 250 тысяч потоков / 1024 узла
- До 400 кВт
- Встроенная система управления
- Занимаемая площадь 1 м²



Примеры использования в РФ

- Санкт-Петербургский политехнический университет (СПбПУ), 1,1 ПФЛОПС
- Российская академия наук (МСЦ РАН), 600 ТФЛОПС
- Южно-Уральский государственный университет (ЮУрГУ), 473,6 ТФЛОПС
- Росгидромет, 35 ТФЛОПС
- Московский физико-технический институт (МФТИ), 83,5 ТФЛОПС
- Авиационная промышленность, Энергетика, Компьютерная графика, Нефтегазовая отрасль
- ... и многие другие

Более 3 ПФЛОПС

Суммарная производительность инсталлированных суперкомпьютеров РСК с жидкостным охлаждением



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



Суперкомпьютер СПбПУ





- Один из самых крупных в России вычислительных центров
- Суммарная пиковая производительность – более **600 ТФЛОПС**
- **#2 по энергоэффективности** в России
- **#5 в Top50, #256 в Top500**
- Крупнейшая в Европе и первая вне США система на базе Intel® Xeon Phi™

Состав суперкомпьютера



• МВС-10П (РСК Торнадо):

- Процессоры Intel® Xeon® E5-2690
- Сопроцессоры Intel® Xeon Phi™ SE10X

• МВС-10П МП (RSC PetaStream):

- Процессоры Intel® Xeon Phi™ 7120D
- Сервис-процессоры Intel® Xeon® E5-2600

Примеры решение актуальных задач:

- приложения с методами Monte-Carlo,
- приложения квантовой хромодинамики,
- расчет прогноза погоды WRF и др.



- Самый крупный региональный вычислительный центр в России
- Суммарная пиковая производительность – более **473 ТФЛОПС**
- **#3 по энергоэффективности** в России
- **#8 в Top50, #348 в Top500**
- Единственная университетская система на базе Intel® Xeon Phi™ в Европе

Состав суперкомпьютера

- **«РСК Торнадо ЮУрГУ»:**
 - Процессоры Intel® Xeon®
 - Сопроцессоры Intel® Xeon Phi™ SE10X



Более 350 примеров решения актуальных задач в промышленности:

- инженерные задачи в области машиностроения,
- металлургия и металлообработка,
- топливно-энергетический комплекс,
- легкая промышленность и др.



Чем суперкомпьютеры помогут России?

- Модернизировать российскую экономику – переход от ресурсной модели к наукоемкой и интеллектуальной
- Совершить прорывы и передовые открытия в фундаментальной и прикладной науке, лидерство в создании новой техники и развитие отечественного производства
- Повысить конкурентоспособность страны на мировом рынке
- Улучшить качество и продолжительность жизни, уровень благосостояния россиян
- Повысить национальную обороноспособность и безопасность
- Создать новые рабочие места
- Сократить «утечку мозгов» и вернуть лучшие умы в Россию

Задачи, проблемы,
исследования
(САФУ)

Пользовательские
пакеты, инструменты
разработчика,
администрирование
(Вендоры ПО)

Супер-
компьютер
(ЦОД)

Выч. узлы, СХД, сетевое
оборудование,
инфраструктура
(Вендоры «железа»)

Суперкомпьютерное
решение
(Группа компаний РСК)



Спасибо

www.rscgroup.ru