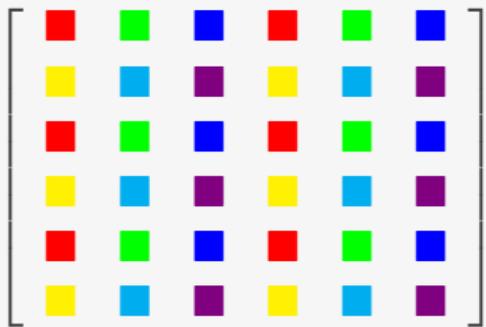


# В погоне за производительностью

2022

# LINPACK

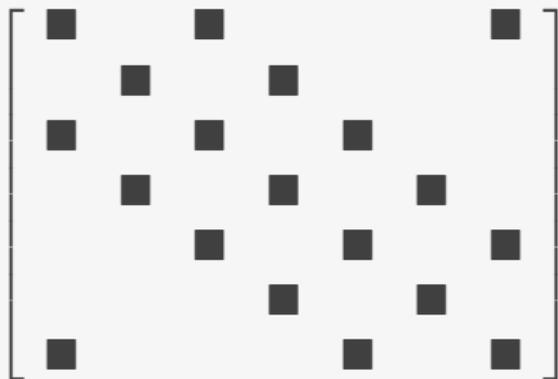
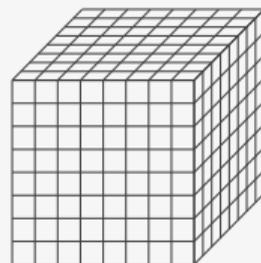
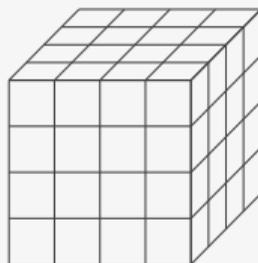
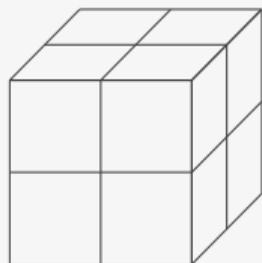


Матрица для четырех  
процессов.

LINPACK — Linear Algebra PACKage.  
HPL — Highly-Parallel LINPACK.  
BLAS — Basic Linear Algebra Package.

- ▶ Решение СЛАУ  $Ax = b$ .
- ▶  $LU$ -разложение с перестановкой строк (метод Гаусса).
- ▶ Параллельный и распределенный алгоритм.
- ▶ Основан на BLAS.

# HPCG



- ▶ Решение эллиптического ДУЧП  $\nabla^2 u = f$ .
- ▶ Метод сопряженных градиентов с предварительной обработкой по методу Гаусса—Зейделя (мультигрид).
- ▶ Параллельный и распределенный алгоритм.

HPCG — High-Performance Conjugate Gradient.



№	Страна	Суперкомп.	Архитектура	$R_{\max}$ , ТФ	$R_{\text{peak}}$ , ТФ	$P$ , кВт	$R$ , %
1	Япония	Fugaku	A64FX	442010	537212	29899	82
2	США	Summit	POWER9+V100	148600	200795	10096	74
3	США	Sierra	POWER9+V100	94640	125712	7438	75
4	Китай	Sunway TaihuLight	Shenwei	93015	125436	15371	74
17	Япония	Odyssey	A64FX	22121	25952	1468	85
19	Россия	Chervonenkis	EPYC+A100	21530	29415		73

Источник: <https://top500.org/lists/top500/>

# HPCC

№	Страна	Суперкомп.	Архитектура	$R_{\max}$ , Тфлопс	$R$ , %
1	Япония	Fugaku	A64FX	16005	3.0
2	США	Summit	POWER9+V100	2926	1.5
3	США	Perlmutter	EPYC+A100	1905	2.0
4	США	Sierra	POWER9+V100	1796	1.4
9	Япония	Odyssey	A64FX	818	3.2
10	Япония	Earth Simulator	NEC SX-Aurora	748	5.6
16	Китай	Sunway TaihuLight	Shenwei	481	0.4

Источник: <https://top500.org/lists/hpcg/>



Поиск в ширину:

№	Страна	Суперкомп.	Архитектура	GTEPS
1	Япония	Fugaku	A64FX	102956
2	Китай	Sunway TaihuLight	Shenwei	23756
3	Япония	Odyssey	A64FX	16118
4	Япония	TOKI-SORA	PRIMEHPC FX1000	10813
6	США	Summit	POWER9 (без GPU)	7666

TEPS — traversed edges per second (пройденных ребер в секунду).

Источник: <https://graph500.org/>

# The GREEN 500

№	Страна	Суперкомп.	Архитектура	Гфлопс/ватт
1	Япония	MN-3	XEON	39.379
2	Корея	SSC-21 Scalable Module	EPYC+A100	33.983
3	США	Tethys	EPYC+A100	31.538

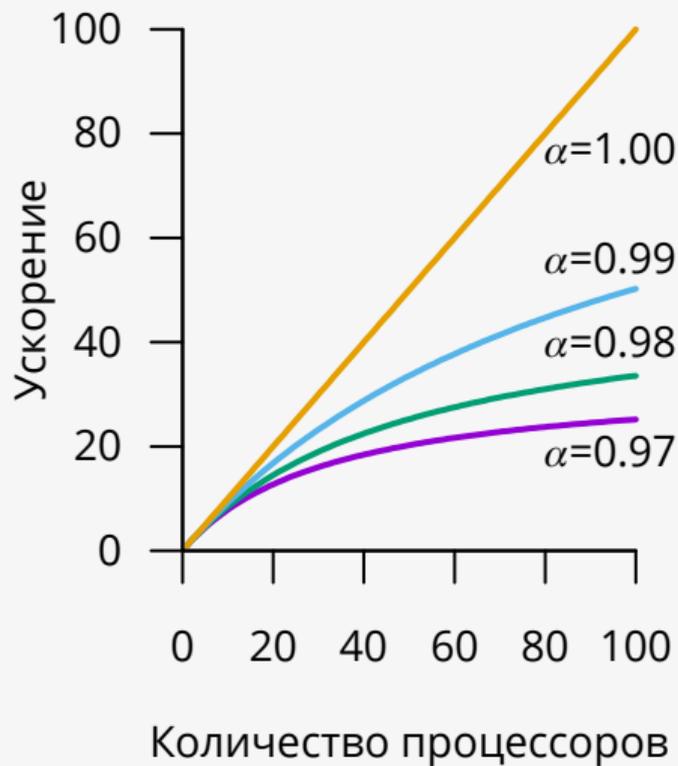
Источник: <https://top500.org/lists/green500/>

# IO500

№	Институт	Система	ФС	Результат
1	Pengcheng Lab.	Cloudbrain-II	MadFS	36850.40
2	Huawei HPDA Lab.	Athena	OceanFS	2395.03
3	Olympus Lab.	OceanStor Pacific	OceanFS	2298.69

Источник: <https://io500.org/>

# Закон Амдаля (общая память)

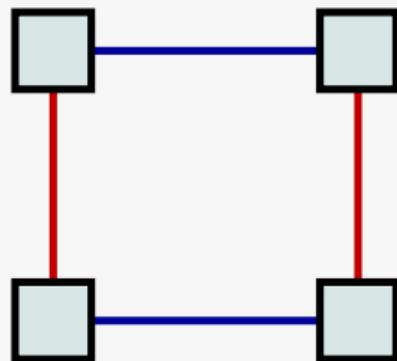
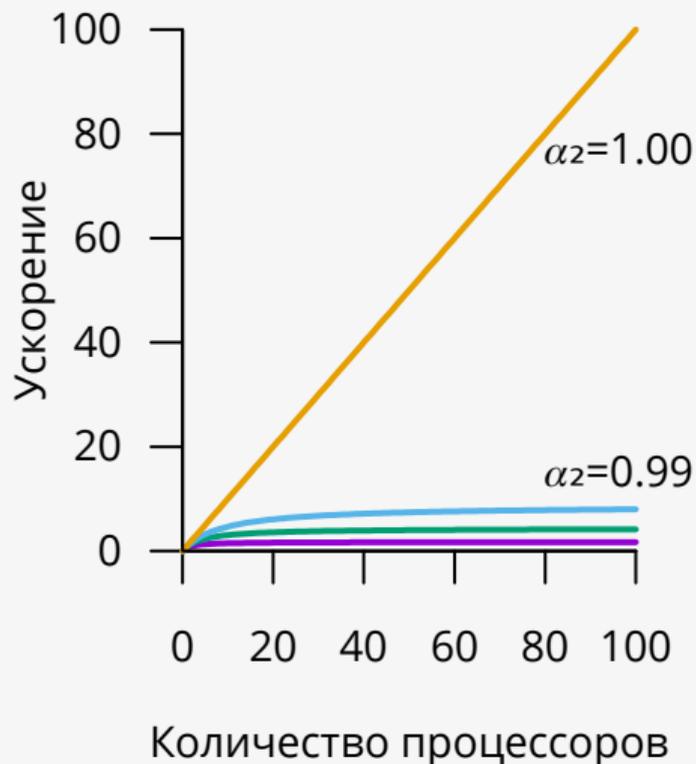


$$S(n) = \frac{1}{1 - \alpha + \alpha/n}$$

$n$  количество процессоров

$\alpha$  доля последовательных операций

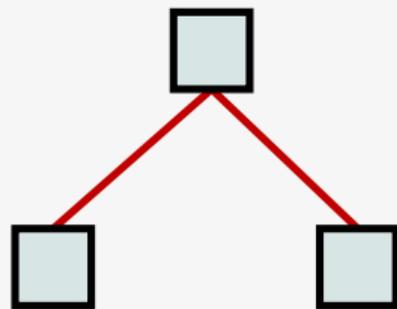
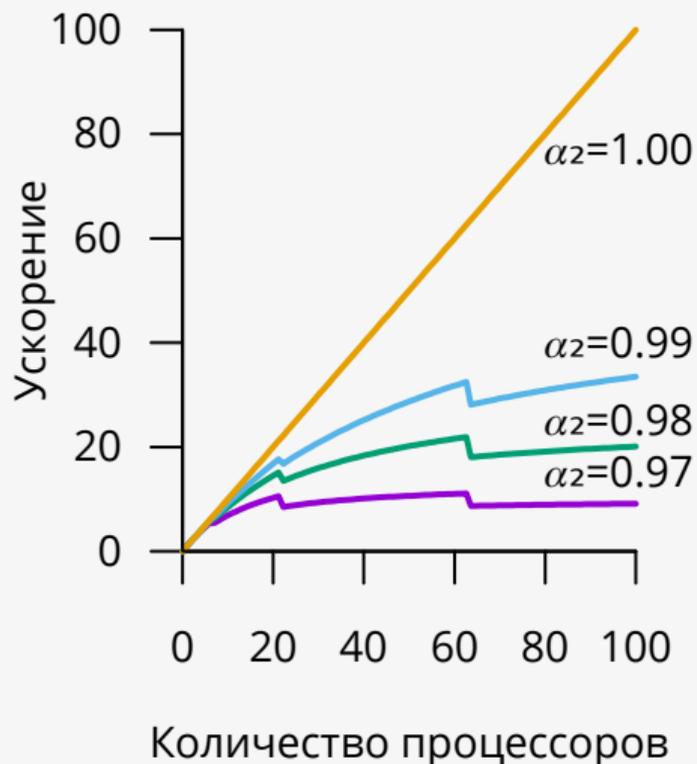
# Закон Амдаля (решетка процессоров)



$$S(n) = \frac{n}{\alpha_1 n + \alpha_2 + \alpha_3 \left[ \sum_i (m_i - 1) \right] n}$$

- $n$  количество процессоров
- $\alpha_1$  доля последовательных операций
- $\alpha_2$  доля параллельных операций
- $\alpha_3$  доля операций передачи данных
- $m_i$  длина стороны решетки

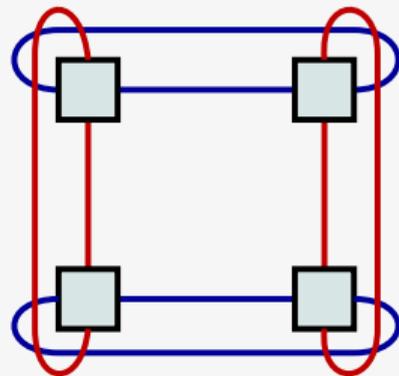
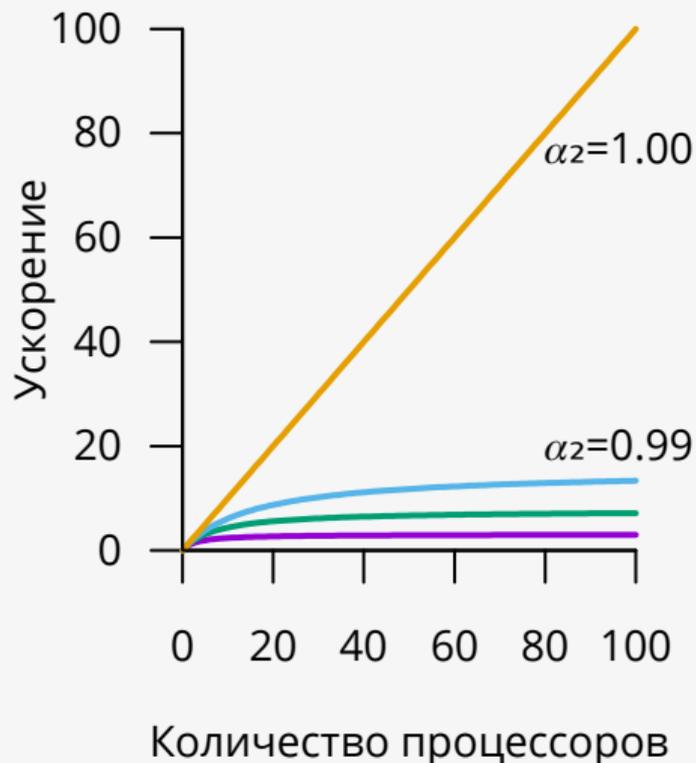
# Закон Амдаля (дерево)



$$S(n) = \frac{n}{\alpha_1 n + \alpha_2 + \alpha_3 [2(\log_{n+1} m - 1)]n}$$

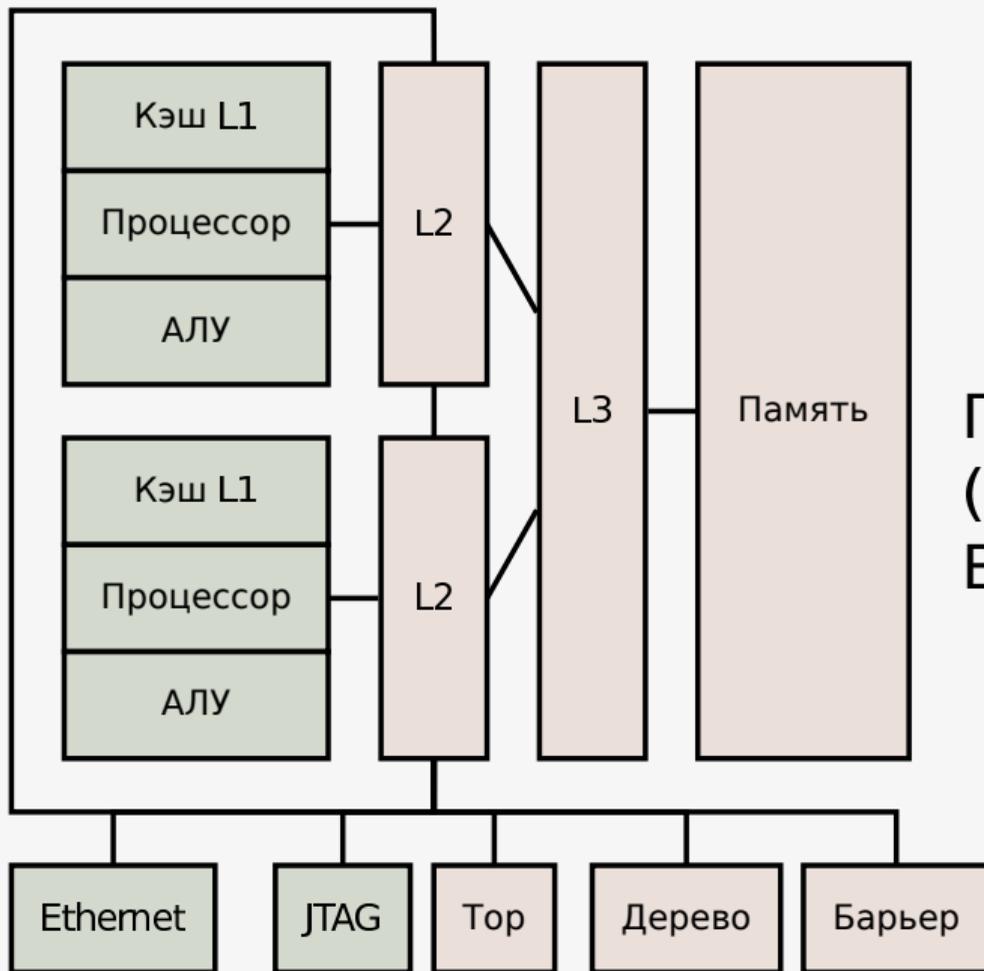
- $n$  количество процессоров
- $\alpha_1$  доля последовательных операций
- $\alpha_2$  доля параллельных операций
- $\alpha_3$  доля операций передачи данных
- $m$  степень ветвления дерева

# Закон Амдаля (тор)

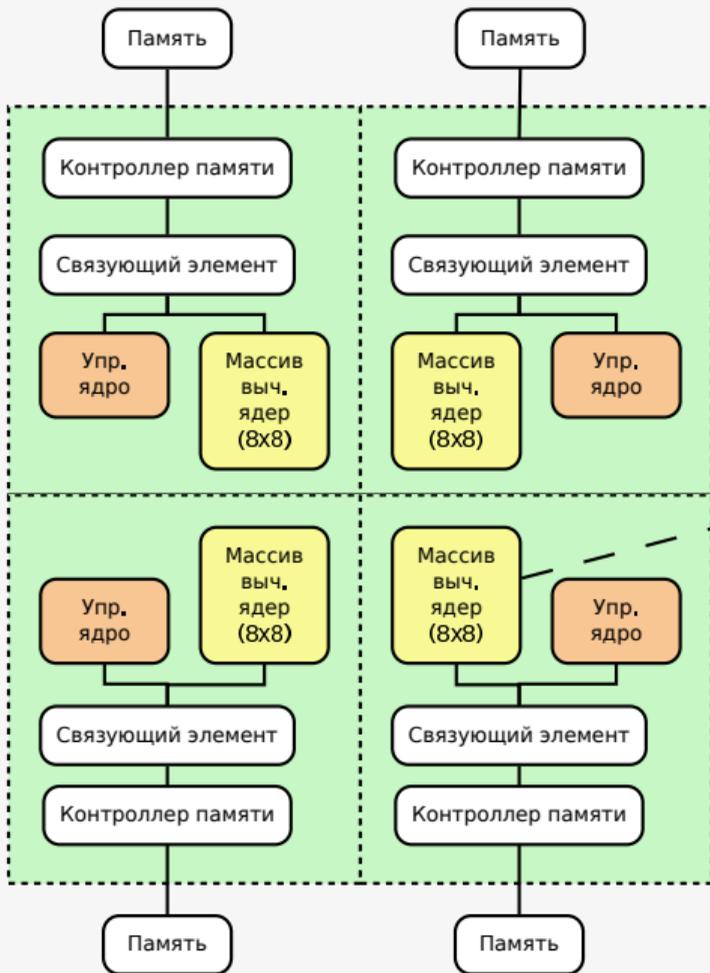


$$S(n) = \frac{n}{\alpha_1 n + \alpha_2 + \alpha_3 \left[ \sum_i \lfloor m_i / 2 \rfloor \right] n}$$

- $n$  количество процессоров  
 $\alpha_1$  доля последовательных операций  
 $\alpha_2$  доля параллельных операций  
 $\alpha_3$  доля операций передачи данных  
 $m_i$  длина стороны тора

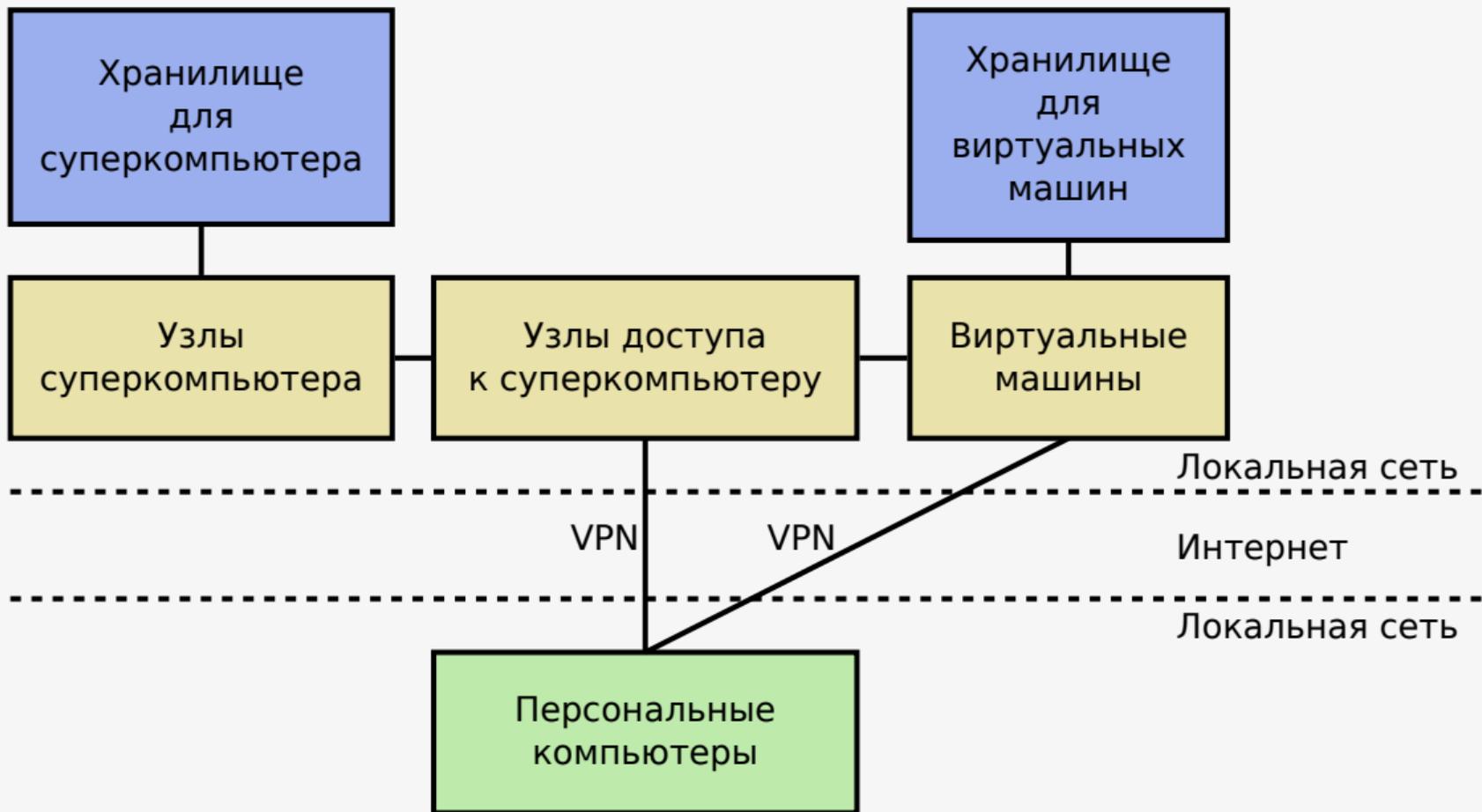


Процессор POWER7  
(суперкомпьютер  
BlueGene/L)

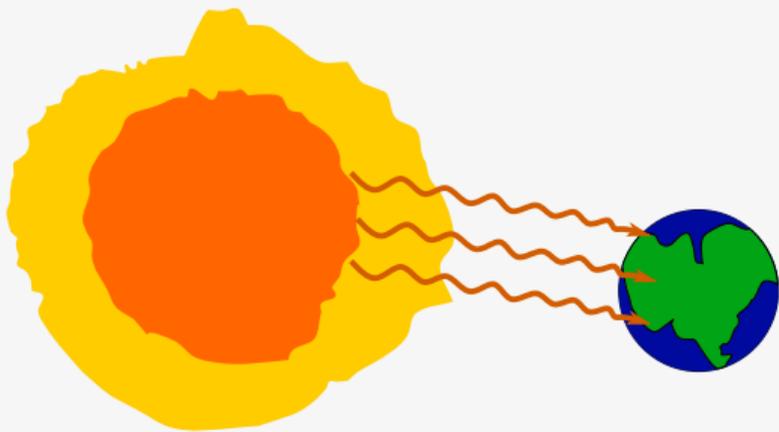


## Процессор Shenwei (суперкомпьютер Sunway Taihulight)

0	1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30	31
32	33	34	35	36	37	38	39
40	41	42	43	44	45	46	47
48	49	50	51	52	53	54	55
56	57	58	59	60	61	62	63



# Космические лучи



Суперкомпьютер Jaguar (2011):

- ▶ 360 Тб памяти,
- ▶ 350 ошибок в минуту,
- ▶ 1 двойная ошибка в день.

Al Geist. How To Kill A Supercomputer: Dirty Power, Cosmic Rays, and Bad Solder. 2016. [IEEE Spectrum](#).

## Суперкомпьютеры

- ▶ используют отдельные сети для коллективных операций, операций точка-точка и барьеров,
- ▶ используют коррекцию ошибок памяти для защиты от космических лучей,
- ▶ используют централизованное хранилище вместо жесткого диска на каждом узле,
- ▶ соблюдают баланс между мощностью процессора и пропускной способности сети,
- ▶ используют узлы для коммутации.

© 2018–2022 Ivan Gankevich [i.gankevich@spbu.ru](mailto:i.gankevich@spbu.ru)

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License. The copy of the license is available at <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>.