



**Энергоэффективная вычислительная инфраструктура для передовых исследований: три проекта в институтах РАН**

**Александр Московский**

**Суперкомпьютерные дни в России, Москва  
23 сентября 2024 г.**

# Высокопроизводительные системы с 2009 года

---

Разработка инновационных, энергоэффективных,  
высокопроизводительных и высокоплотных  
вычислительных систем для решения уникальных задач

# О группе компаний PCK

Ведущий российский разработчик и интегратор инновационных суперкомпьютерных решений

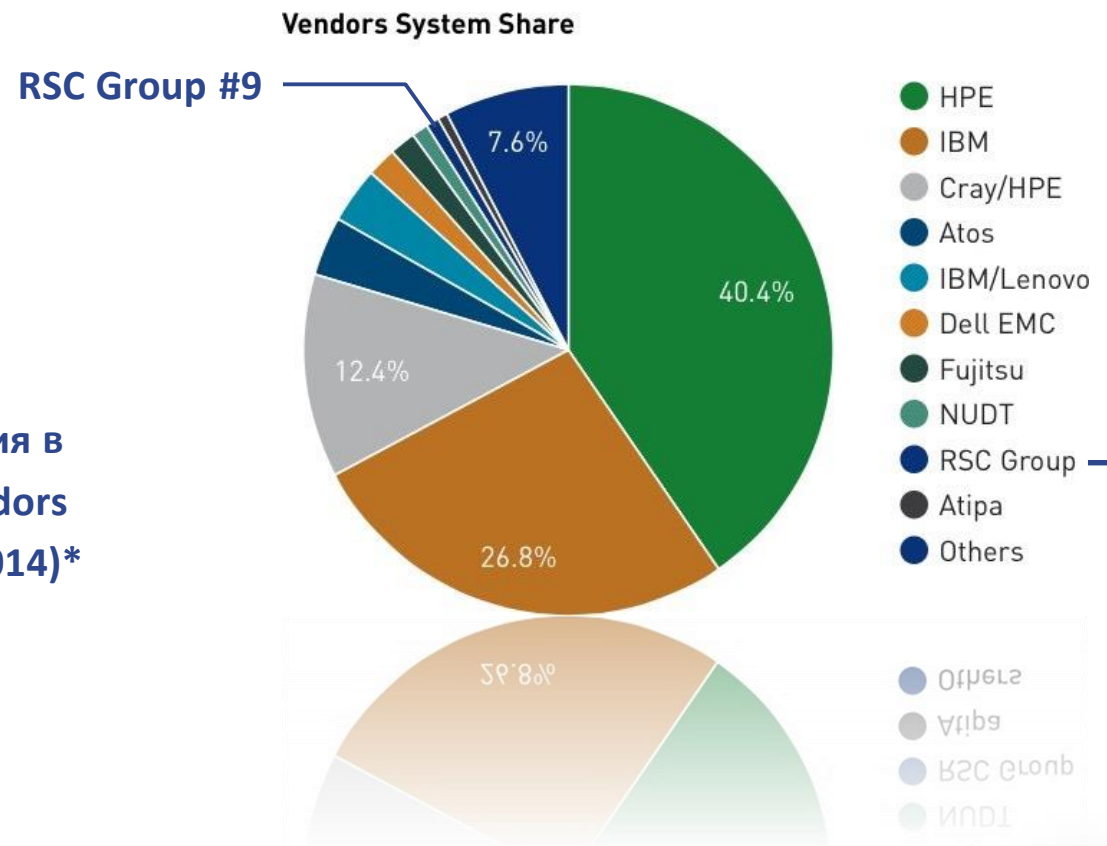


Russian DC Awards 2020 в номинации «Лучшее ИТ-решение для ЦОДа»

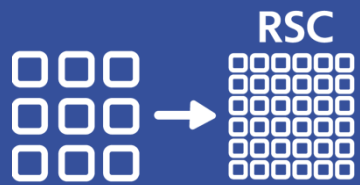


Единственная российская компания в мировом рейтинге Top10 HPC Vendors System Share by Top500 (Ноябрь 2014)\*

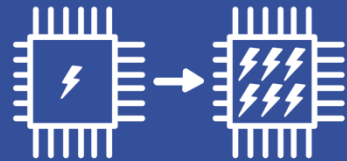
\* Топ 10 поставщиков по объему рынка <https://www.top500.org/statistics/list/>



# Ключевые характеристики решений



Вычислительная  
плотность



Энергетическая  
плотность



Энергоэффективность



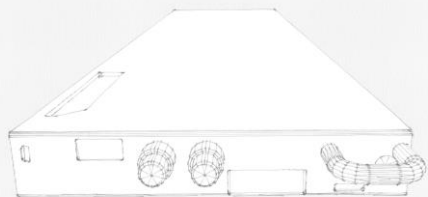
Легкость  
управления и  
обслуживания



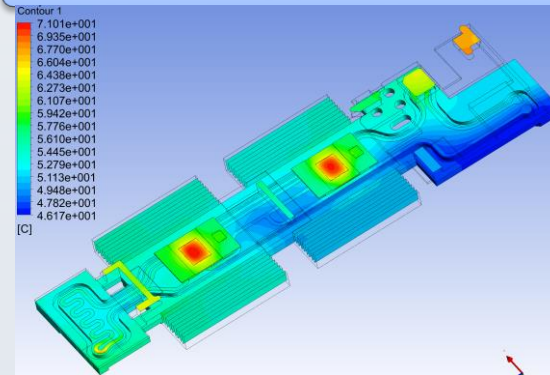
Надежность

# Типовые системы охлаждения РСК

Концепция



Моделирование



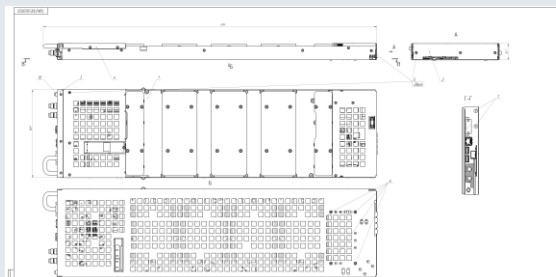
Опытные образцы



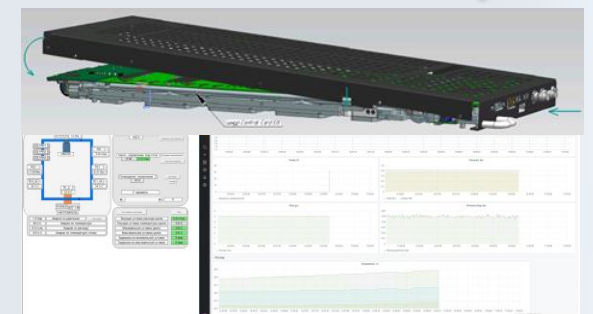
Серийный продукт



Корректировка



Испытания



# Продуктовая линейка



Вычислительные сервера



Вычислительный сервер с хранилищем



Резервный блок питания



Коммутатор



Насосная станция



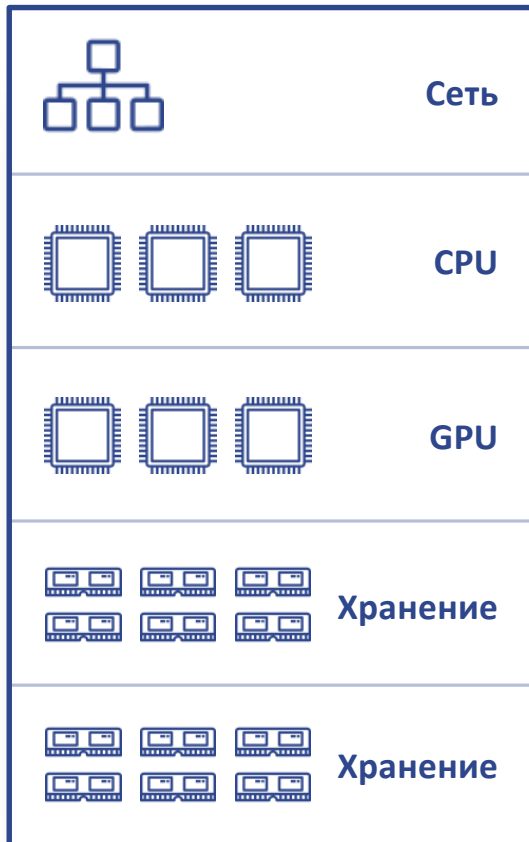
Вычислительный шкаф

# Переход к архитектурам компонуемых дезагрегируемых сред

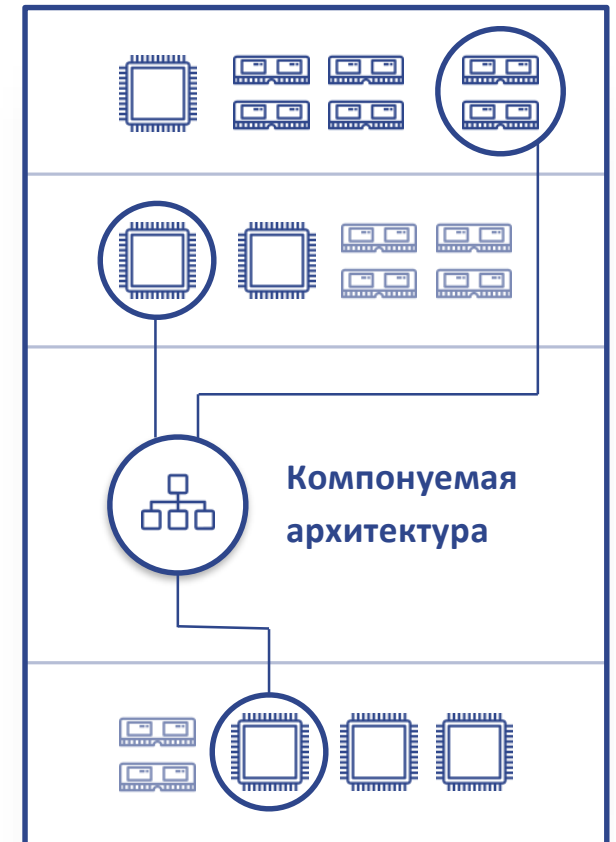
Архитектура уровня стойки (Rack Scale Architecture)



Компонуемая Дезагрегированная Инфраструктура (CDI)



- + Гиперконвергенция
- + Современные технологии хранения и передачи
- + Программная оркестрация
- + Системы хранения «по запросу»
- Программная виртуализация

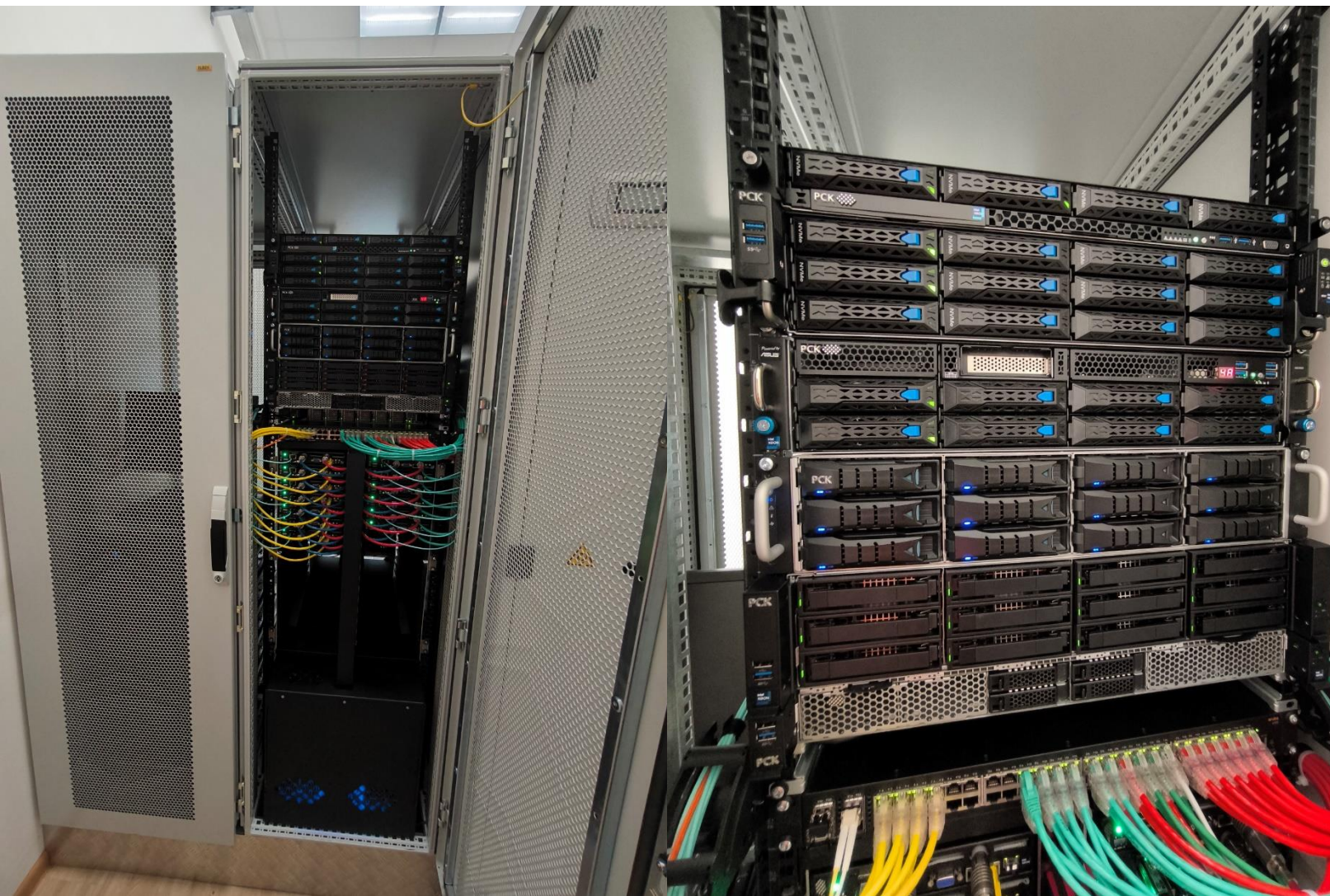


# Три проекта в институтах РАН

---



# Суперкомпьютер «Сергей Годунов» в ИМ СО РАН (Новосибирск, 2023-2024)



- Ввод в эксплуатацию – ноябрь 2023 г.
- Официальное открытие – 26 февраля 2024 г.
- Плановая модернизация в 2024 г.
- Мощность выросла в 2 раза
- Текущая пиковая производительность – 114,67 ТФлопс

# Суперкомпьютер «Сергей Годунов» в ИМ СО РАН



**75,87 Тфлопс на центральных процессорах и 38,8 Тфлопс на графических ускорителях.**

**Создан на базе высокоплотной и энергоэффективной платформы «РСК Торнадо» с жидкостным охлаждением.**

**Высокопроизводительная система ИМ СО РАН построена на базе вычислительных узлов, каждый из которых оснащен двумя процессорами семейства Intel Xeon Scalable.**

**Кроме того, в состав суперкомпьютера входит:**

- узел на базе 4 графических процессоров NVidia A100,
- сервер визуализации с большой памятью (процессоры Intel Xeon Platinum 8368, 4 ТБ оперативной памяти, 2 графические карты NVIDIA RTX 5000 Ada, 32 ГБ GDDR6).



## Решаемые задачи:

- построение барических аксиальных алгебр и алгебры Грайса,
- оптимизация параметров математических моделей турбулентных течений с сопряжённым теплообменом на основе технологий глубокого обучения и природоподобных алгоритмов,
- волновая медицинская томография,
- моделирование эпидемиологических, экологических, экономических и социальных процессов,
- моделирование и построение сценариев развития системы биосфера-экономика-социум с учётом безуглеродного и устойчивого развития и изменения климата,
- решение обратных задач геофизики прямым методом на основе подхода Гельфанда-Левитана-Крейна.

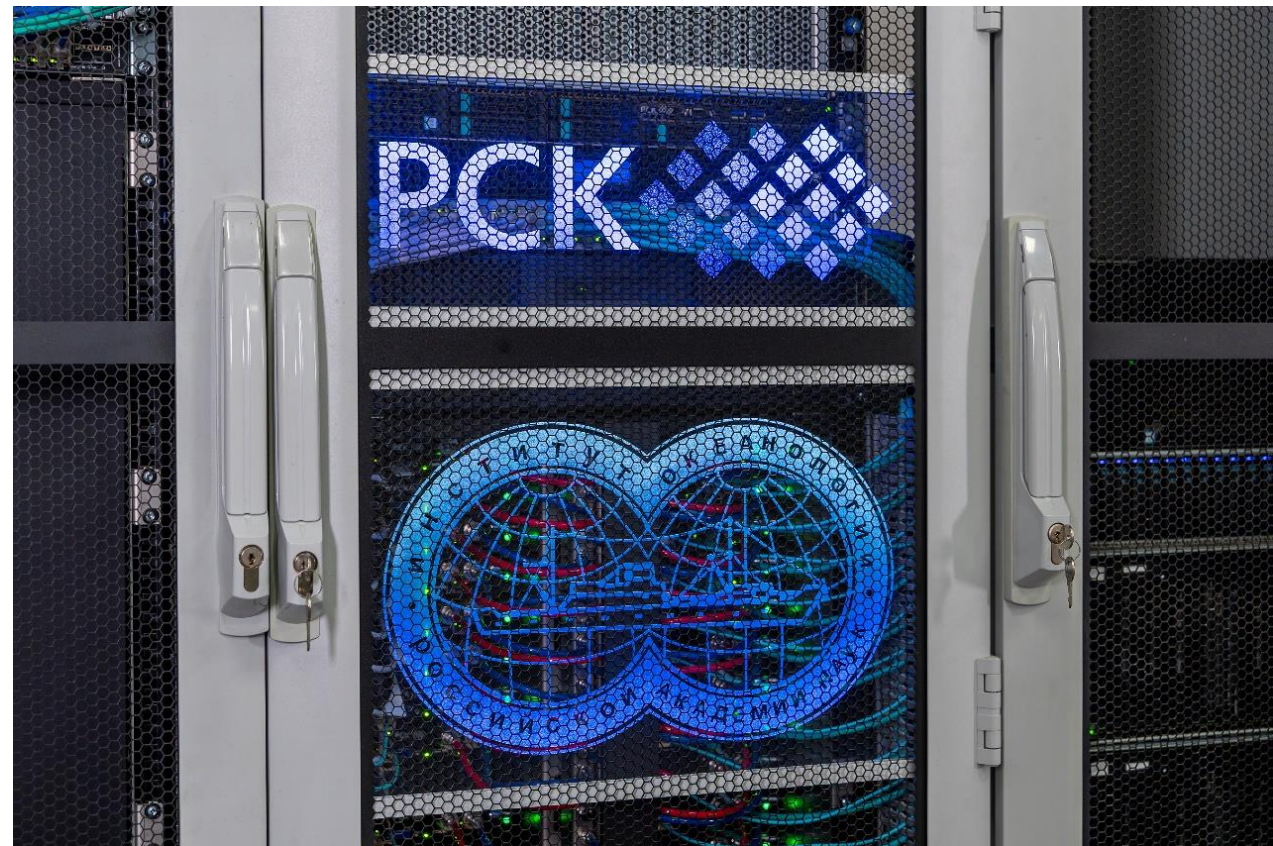
# Система в Институте океанологии им. Ширшова РАН (Москва, 2017-2024)

- Суперкомпьютер ИО РАН включает 50 вычислительных узлов на базе процессоров Intel Xeon с прямым жидкостным охлаждением на основе высокоплотной и энергоэффективной платформы «РСК Торнадо».
- В 2024 году были установлены два узла на базе графических ускорителей NVidia Tesla H100 (80 ГБ) с жидкостным охлаждением и производительностью 104 Тфлопс (FP64).
- Теперь суммарная производительность превышает 308 Тфлопс.



# Система в Институте океанологии им. Ширшова РАН

- Высокопроизводительная система хранения данных вычислительного комплекса Института океанологии РАН обладает суммарным объемом более 50 Тбайт на твердотельных накопителях и более 1500 Тбайт на магнитных дисках.
- При помощи интегрированного программного решения «РСК БазИС», входящего в Реестр российского ПО, создана иерархическая среда хранения данных с возможностью создания конфигурации файловых систем по запросу.





# Институт физики атмосферы им. Обухова РАН (Москва, 2021-2023)

- «РСК микроЦОД» в ИФА им. Обухова РАН построен на базе 7-ми вычислительных узлов с серверными процессорами AMD EPYC 7742.
- Модернизация 2022-2023 гг: 2 узла AMD 7742 и 2 узла AMD 7763, дисковая система хранения, твердотельные накопители
- ЦОД состоит из поля вычислительных узлов «РСК Торнадо» со 100% жидкостным охлаждением, серверов с воздушным охлаждением и всей инфраструктуры системы охлаждения, размещенных в одном шкафу.
- Отвечает ограничениям на размещение и подвод электропитания в Институте.

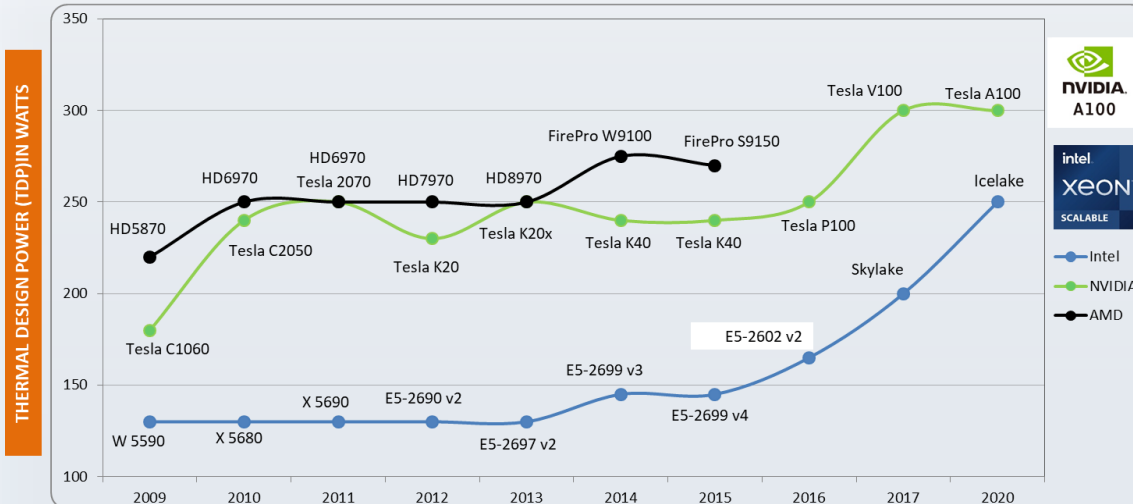


# Гибридные системы охлаждения

---

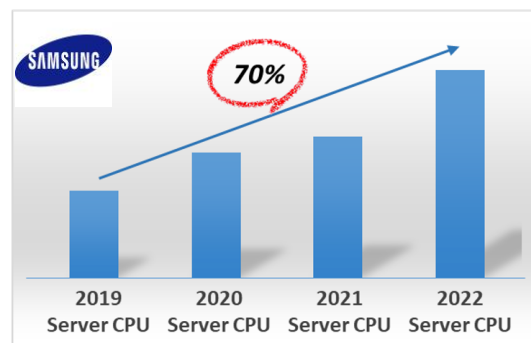
# Тренды развития микроэлектроники

## GPU and CPU TDP TREND

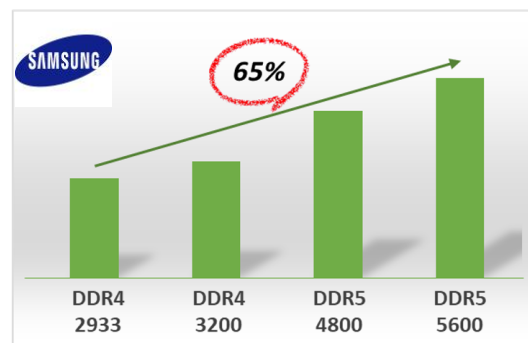


<https://7starlake.com/SOLUTION/Liquid-Cooled-Server>

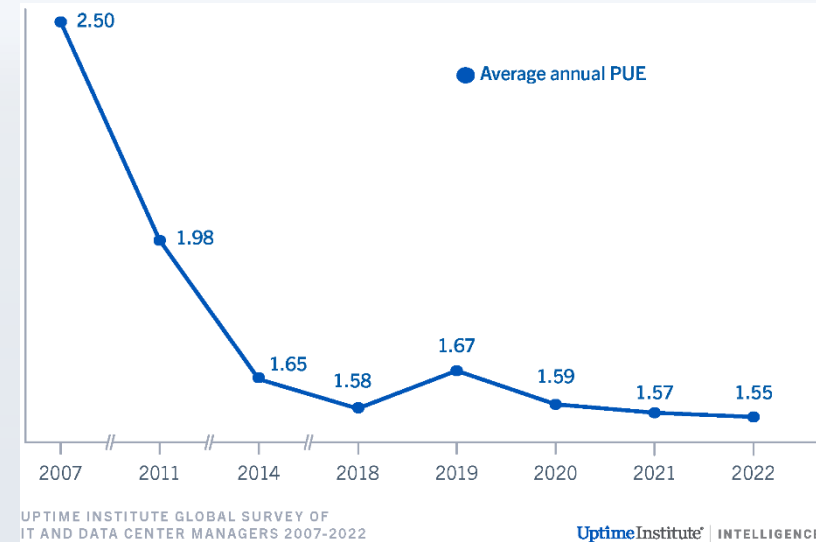
### [ Server CPU TDP ]



### [ Memory Module TDP ]



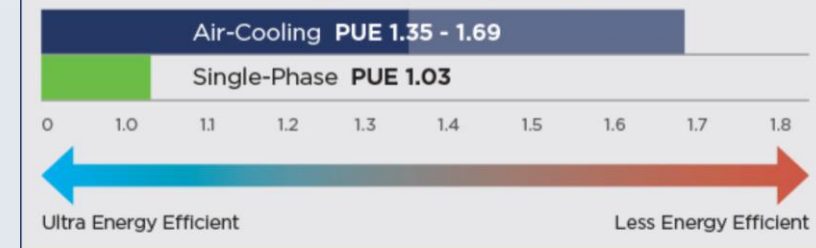
<https://m.samsungsem.com/global/newsroom/news/view.do?id=4893>



UPTIME INSTITUTE GLOBAL SURVEY OF IT AND DATA CENTER MANAGERS 2007-2022

UptimeInstitute INTELLIGENCE

### Power Usage Efficiency Comparison



<https://www.grcooling.com/air-based-cooling-vs-liquid-based-cooling/>

Для обеспечения высокой эффективности охлаждения и надежности работы компонентов необходимы технологии жидкостного охлаждения



# Возможно ли охладить воздухом стойку 100 кВт?

При увеличении плотности набивки ИТ-стойки увеличивается внутреннее сопротивление потоку воздуха. Электрическая мощность вентилятора пропорционально кубу его производительности.

МОЩНОСТЬ ИТ-СТОЙКИ, кВт	ПЕРЕПАД ТЕМПЕРАТУРЫ, °С	ТЕМПЕРАТУРА ВХОД / ВЫХОД, °С	РАСХОД ВОЗДУХА, М³/ЧАС	ПОТЕРИ ДАВЛЕНИЯ ВНУТРИ СЕРВЕРА, Па	МОЩНОСТЬ ВЕНТИЛЯТОРОВ, кВт	МОЩНОСТЬ ИТ, кВт	СООТНОШЕНИЕ МОЩНОСТИ, %
15	15	25 / 40	2 994	50	0,10	15	0,7
30	15	25 / 40	5 988	200	0,83	29	2,8
60	15	25 / 40	11 976	800	6,65	53	11,1
100	15	25 / 40	19 960	2222	30,80	69	30,8
100	12	40 / 52	24 950	3472	60,16	40	60,2

\* Выполнен оценочный расчет

## Замеры на системе на базе 2x CPU + 4x GPU (NVidia A100)

<i>Расчетная нагрузка</i>	<i>Вт/сервер</i>	<i>6 кВт/стойку</i>	<i>10 кВт/стойку</i>
Кол-во серверов потребляющих по 220 В	2 341	2	4
ИТОГО воздух	2 341	4 682	9 364
Затраты на воздушное охлаждение (0,3)	702	1 405	2 809
<b>Общее потребление</b>	<b>3 043</b>	<b>6 087</b>	<b>12 173</b>

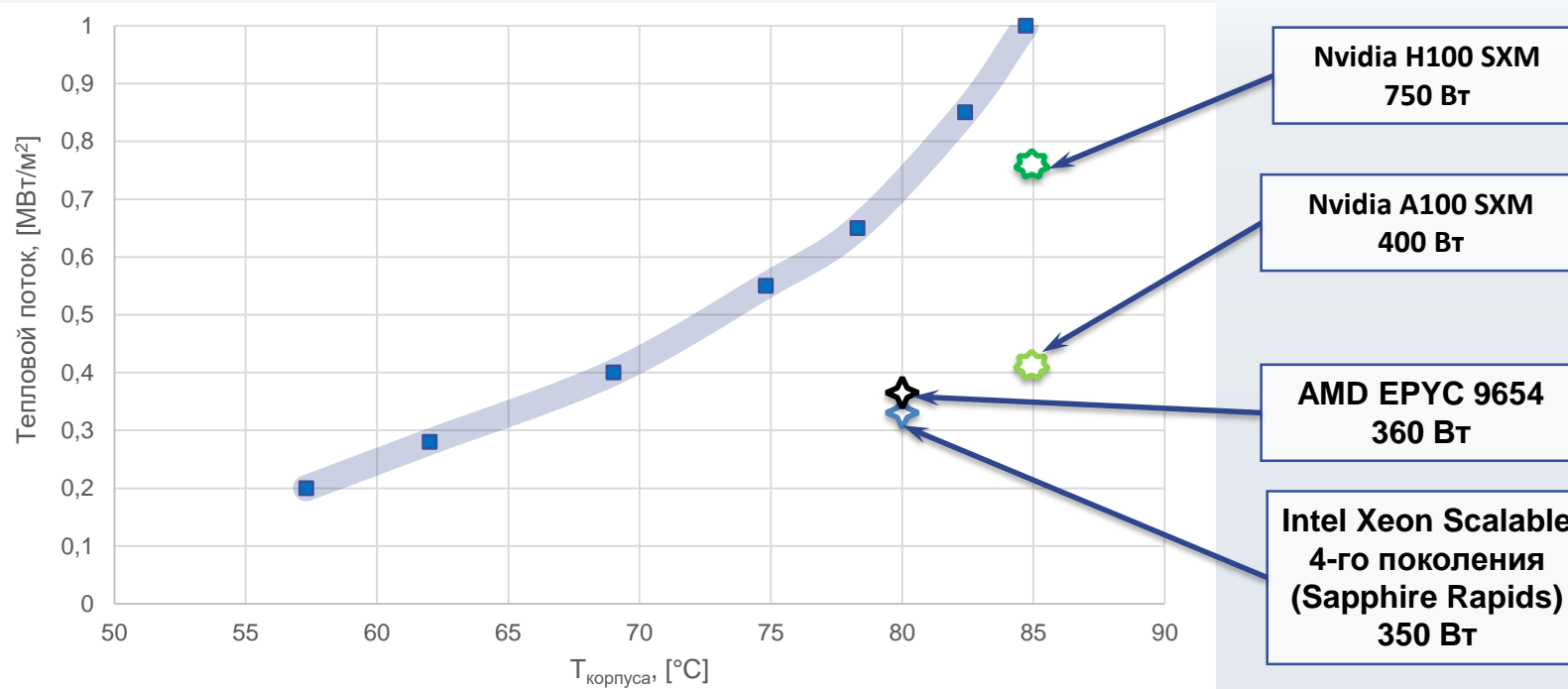
## Стенд с системой со смешанным охлаждением

<i>Расчетная нагрузка</i>	<i>Вт/сервер</i>	<i>6 кВт/стойку</i>	<i>10 кВт/стойку</i>
Кол-во серверов потребляющих по 220 В	1 760	3	5
ИТОГО воздух	296	888	1 480
<b>ИТОГО жидкость</b>	<b>1 464</b>	<b>4 392</b>	<b>7 320</b>
Затраты на воздушное охлаждение (0,3)	89	266	444
<b>Затраты на жидкостное охлаждение (0,1)</b>	<b>146</b>	<b>439</b>	<b>732</b>
<b>Общее потребление</b>	<b>1 995</b>	<b>5 986</b>	<b>9 976</b>

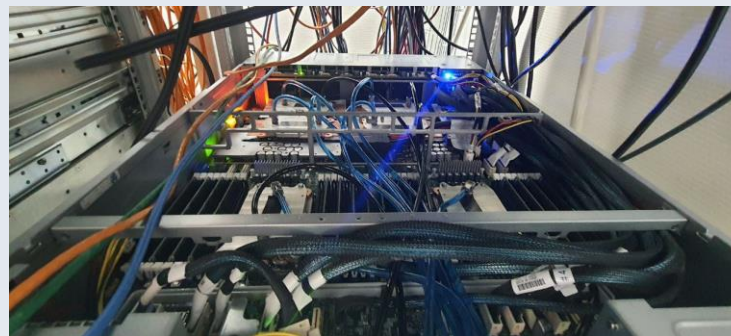
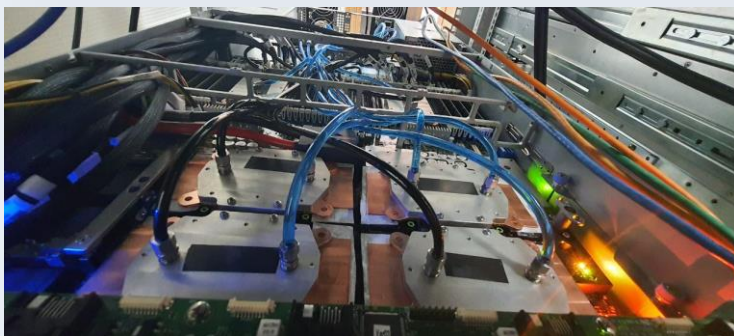
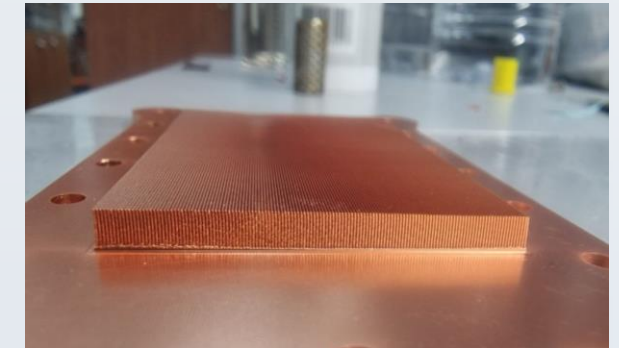
Если ~30% питания сервера тратят вентиляторы, то что значит PUE?



# Перспективные системы охлаждения РСК



## Микроканальные системы



Перспективные технологии РСК позволяют охладить не только самые мощные чипы, представленные на рынке, но и те, что только находятся в разработке

# Спасибо!



---

[rscgroup.ru](http://rscgroup.ru)

[hq@rsc-tech.ru](mailto:hq@rsc-tech.ru)