

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

СУПЕРКОМПЬЮТЕРЫ И
ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ
(лекция 7)

А.С.Антонов

Вед. н.с. НИВЦ МГУ, к.ф.-м.н.

asa@parallel.ru

ВМК МГУ, 2024

Суперкомпьютерный комплекс МГУ имени М.В.Ломоносова



Суперкомпьютерный комплекс МГУ имени М.В.Ломоносова

- Суперкомпьютер «Ломоносов-2», 5.5 PFlop/s
- Суперкомпьютер «Ломоносов», 1.7 PFlop/s
- Суперкомпьютер «Чебышёв», 60 Tflop/s
- Суперкомпьютер Polus, 56 TFlop/s
- Суперкомпьютер IBM Blue Gene/P, 27 TFlop/s
- Супервычислитель «МГУ-270», 400 AI PFlop/s



Суперкомпьютер СКИФ МГУ «Чебышёв»

- 1 место в 8-ой редакции списка Топ50 наиболее мощных компьютеров СНГ (март 2008 года)
- 36 место в 31-ой редакции списка Топ500 наиболее мощных компьютеров мира (июнь 2008 года)
- Пиковая производительность: 60 TFlop/s
- Производительность на Linpack: 47.32 TFlop/s (79% пиковой), матрица 740000x740000
- 625 вычислительных узлов, 1250 процессоров, 5000 процессорных ядер
- 42 стойки: 14 вычислительных, 28 инфраструктурных
- Помещение 98 м²
- Общий вес оборудования: более 30 тонн
- Энергопотребление вычислительной части 330 КВт, всего комплекса в пике до 720 КВт
- Система бесперебойного электропитания: 10 минут автономной работы
- Система охлаждения
- Звукоизоляция
- Система автоматического газового пожаротушения

Суперкомпьютер СКИФ МГУ «Чебышёв»

Вычислительные узлы:

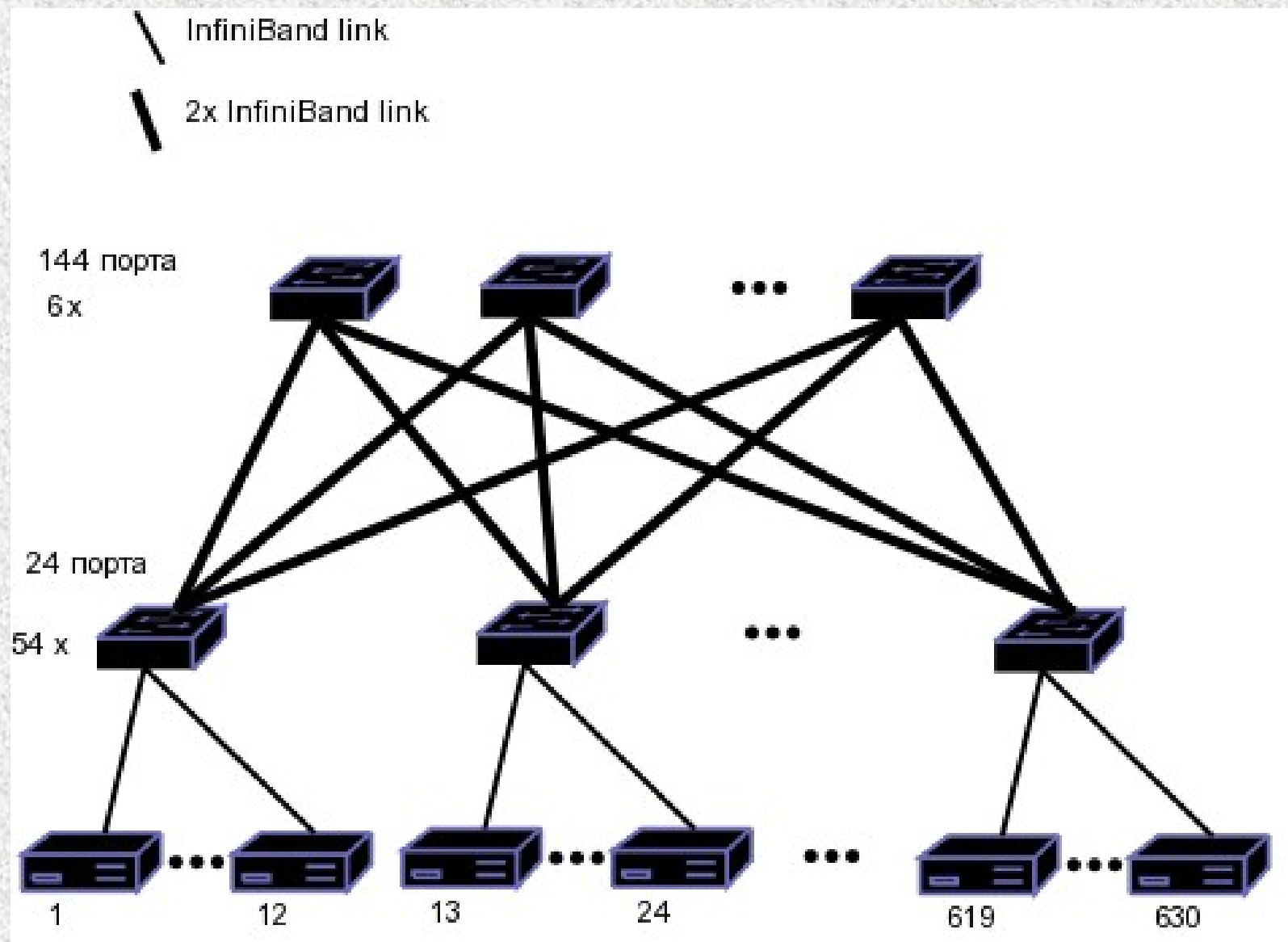
- Процессоры:
 - ✓ 1250 Intel E5472 3.0 ГГц Harpertown
- Блэйд-шасси T-Blade («Т-Платформы»)
 - ✓ Форм-фактор 5 U
 - ✓ До 10 вычислительных узлов
- Оперативная память:
 - ✓ 529 x 8 ГБ, бездисковые
 - ✓ 64 x 8 ГБ, 160 ГБ HDD
 - ✓ 32 x 16 ГБ, 160 ГБ HDD
 - ✓ 8 x 32 ГБ, 160 ГБ HDD

Коммуникационная сеть:

- DDR InfiniBand
 - ✓ Mellanox MT25418 NIC
 - ✓ FatTree
 - ✓ SilverStorm 9120 – базовые коммутаторы
 - ✓ Flextronix F-X430046 – листовые коммутаторы
- Характеристики
 - ✓ 1.3 – 1.95 μ s латентность
 - ✓ 1.7 ГБ/с пропускная способность



Схема построения Fat Tree в суперкомпьютере СКИФ МГУ «Чебышёв»



Суперкомпьютер СКИФ МГУ «Чебышёв»

Вспомогательные сети:

- Gigabit Ethernet: коммутаторы Force10 C300 и Force10 S2410
- Управляющая сеть ServNet + IPMI

Хранилище данных:

- 60 ТБ распределённое отказоустойчивое сетевое хранилище T-Platforms ReadyStorage ActiveScale Cluster
- 15 ТБ локальных дисков на узлах
- Ленточное хранилище Quantum Scalar i500

Система охлаждения

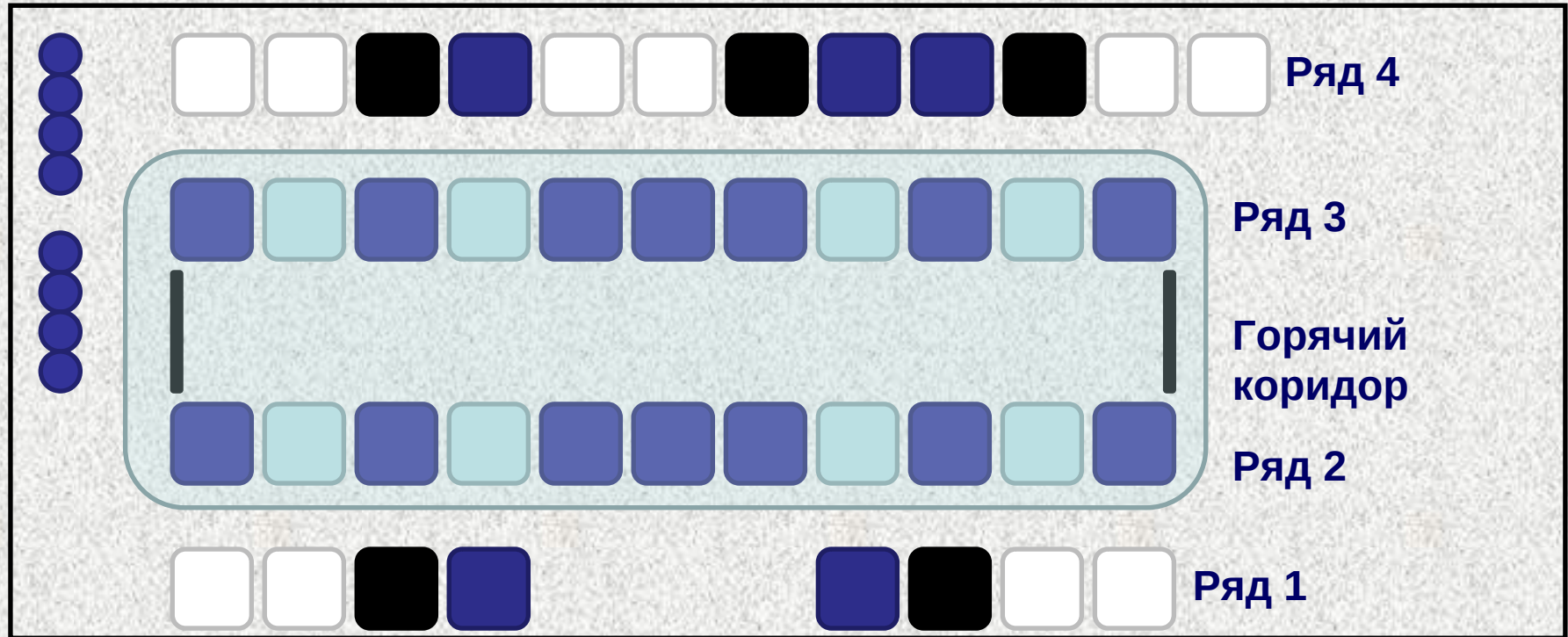
- 8 кондиционеров APC InfraStruXure ACR502, уровень резервирования N+2
- Холодильные машины Liebert-Hiross SLH 023, одновременно работают 2 из 3

Горячий коридор:

- Меньший объём охлаждаемой части помещения
- Более тесная компоновка
- Встречные воздушные потоки

Суперкомпьютер СКИФ МГУ «Чебышёв»

Компоновка системы:



Системы охлаждения



Вычислительные узлы,
система хранения,
коммуникационная сеть



Батареи



UPS



PDU



Газовые баллоны

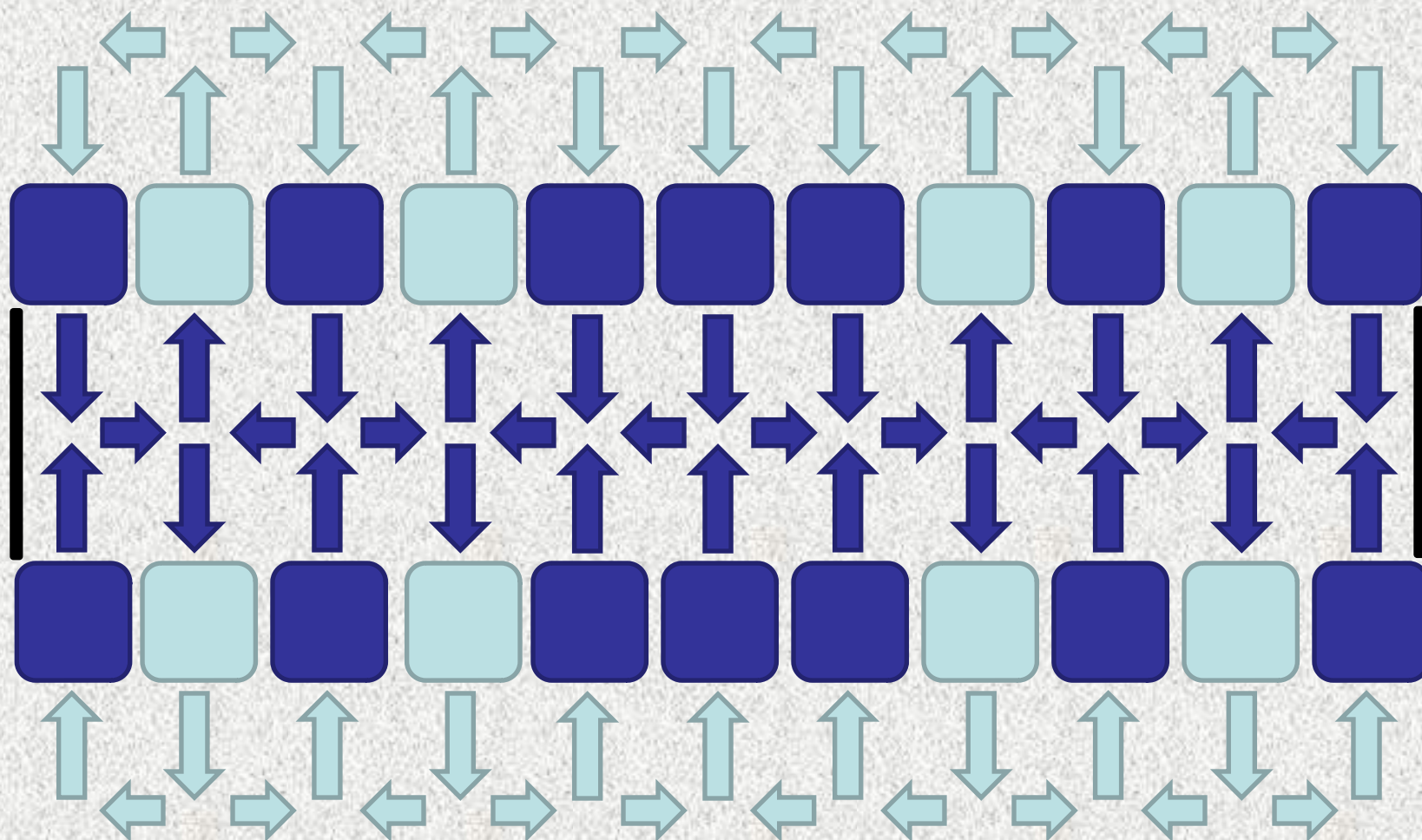
Суперкомпьютер СКИФ МГУ «Чебышёв»

Горячий коридор:



Суперкомпьютер СКИФ МГУ «Чебышёв»

Горячий коридор:



Суперкомпьютер СКИФ МГУ «Чебышёв»

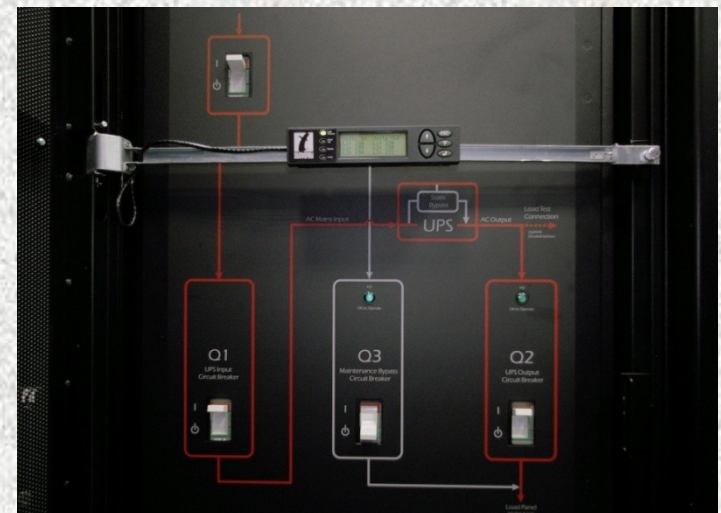
Система пожаротушения:

- Возможность ручного отключения всего комплекса
- Инертный газ
- 3 месяца тестирования на ложные срабатывания
- При входе в помещение автоматическая система отключается

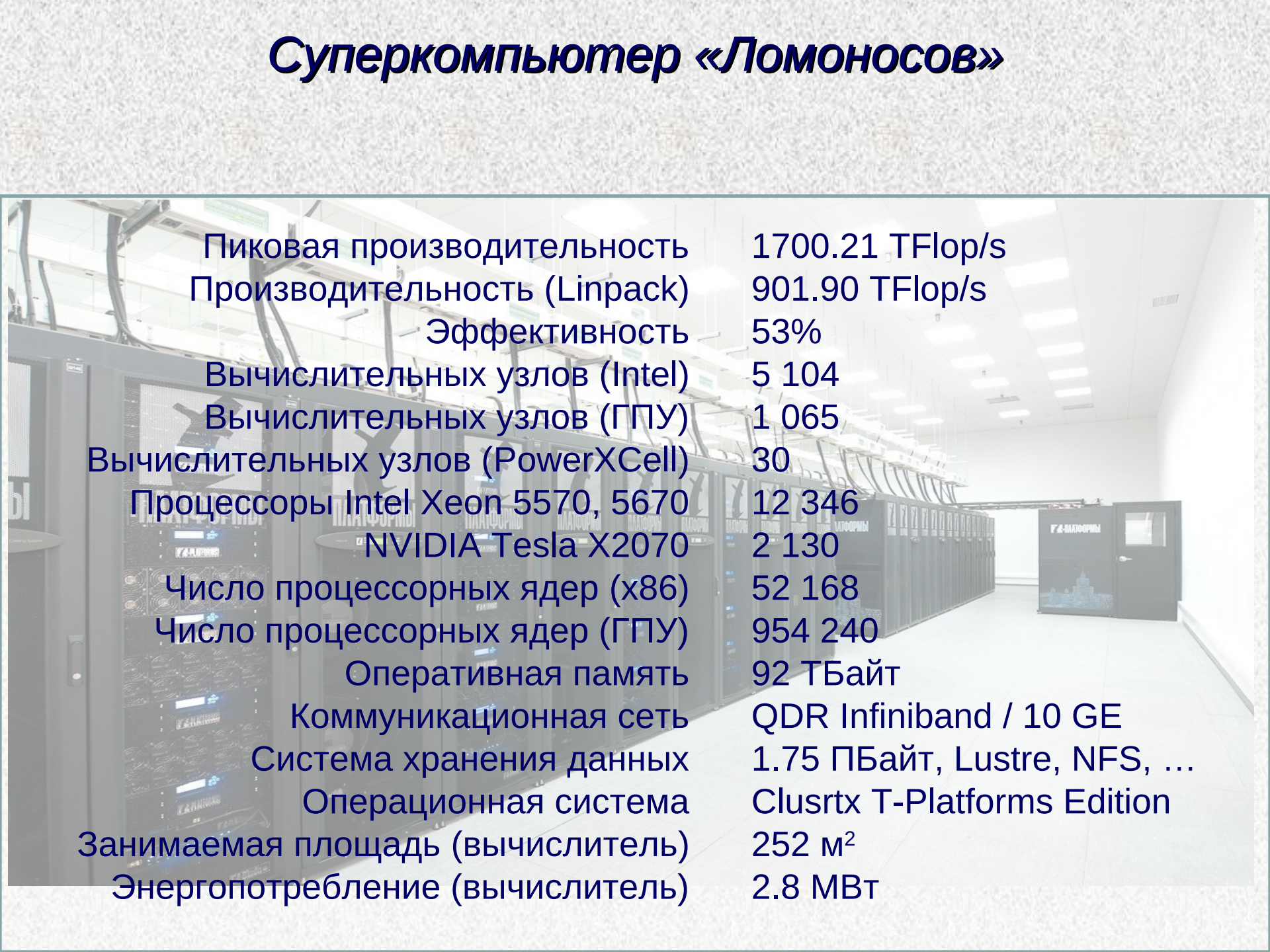


Электрическое оборудование

- 1-ый и 4-ый ряды стоек
- PDU: APC AP9565
- UPS: APC Symmetra PX
- Мониторинг: ISX Manager
- Уровень резервирования N+1



Суперкомпьютер «Ломоносов»



Пиковая производительность	1700.21 TFlop/s
Производительность (Linpack)	901.90 TFlop/s
Эффективность	53%
Вычислительных узлов (Intel)	5 104
Вычислительных узлов (ГПУ)	1 065
Вычислительных узлов (PowerXCell)	30
Процессоры Intel Xeon 5570, 5670	12 346
NVIDIA Tesla X2070	2 130
Число процессорных ядер (x86)	52 168
Число процессорных ядер (ГПУ)	954 240
Оперативная память	92 ТБайт
Коммуникационная сеть	QDR Infiniband / 10 GE
Система хранения данных	1.75 ПБайт, Lustre, NFS, ...
Операционная система	Clusrtx T-Platforms Edition
Занимаемая площадь (вычислитель)	252 м²
Энергопотребление (вычислитель)	2.8 МВт

Суперкомпьютер «Ломоносов»

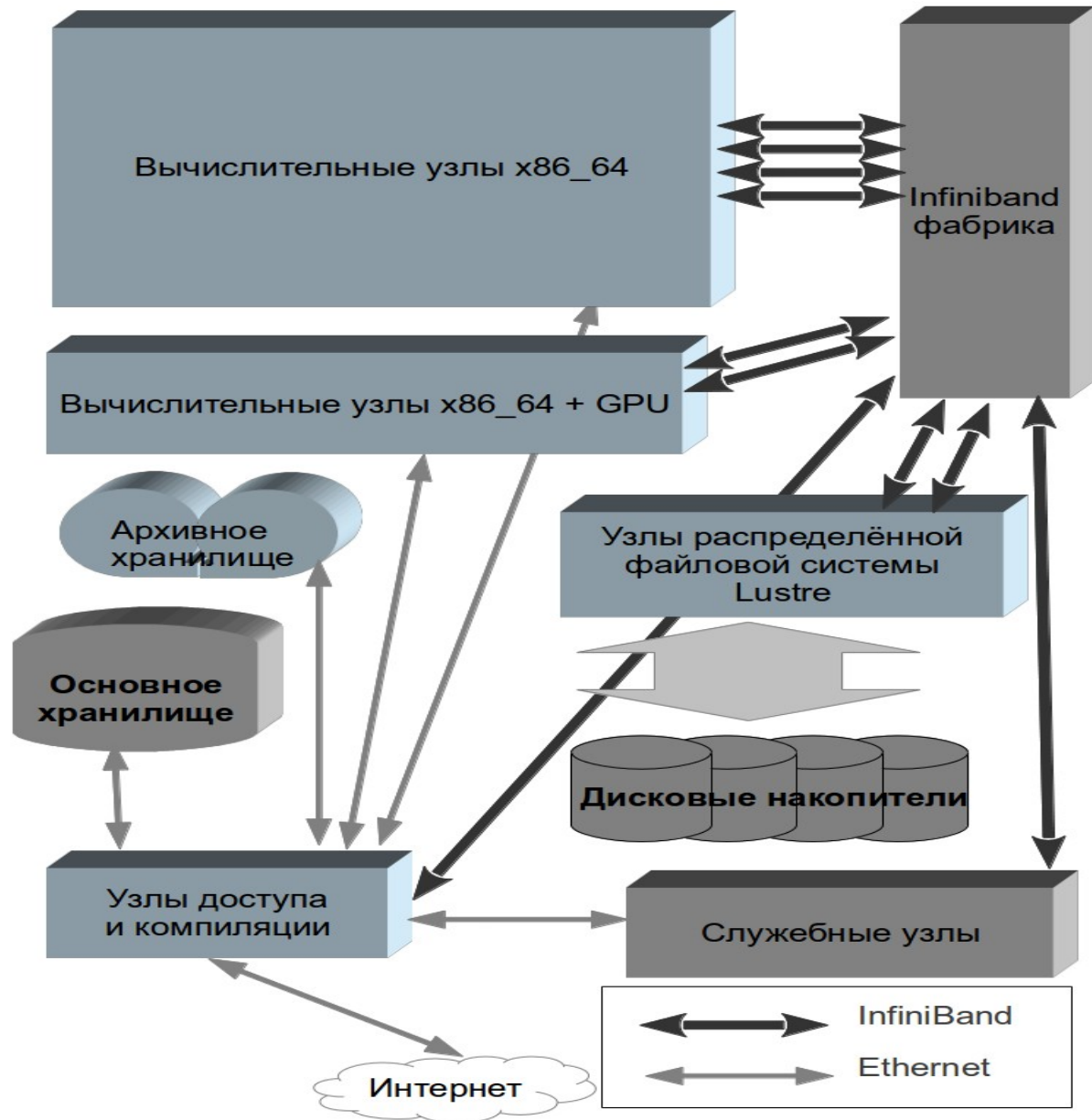
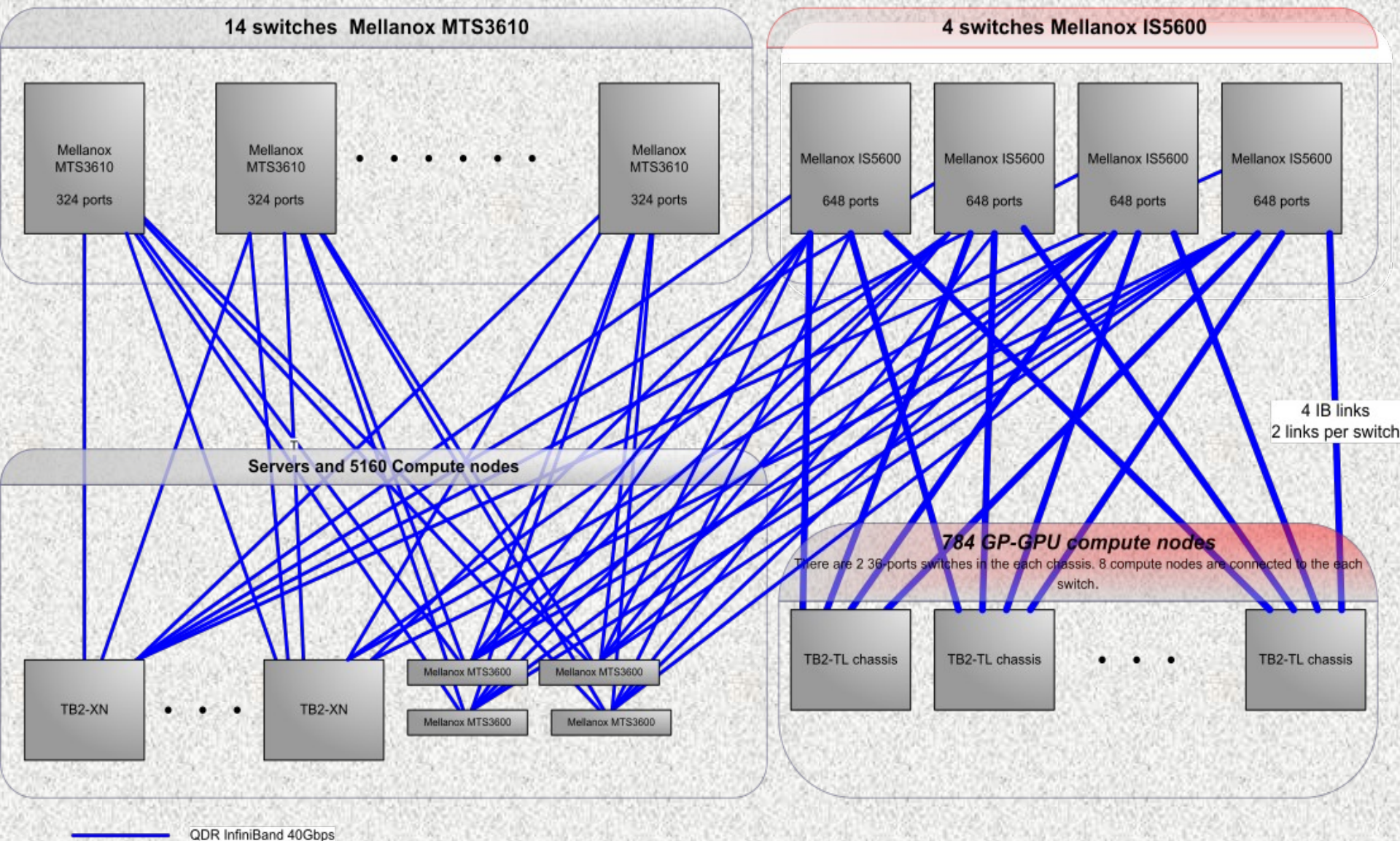


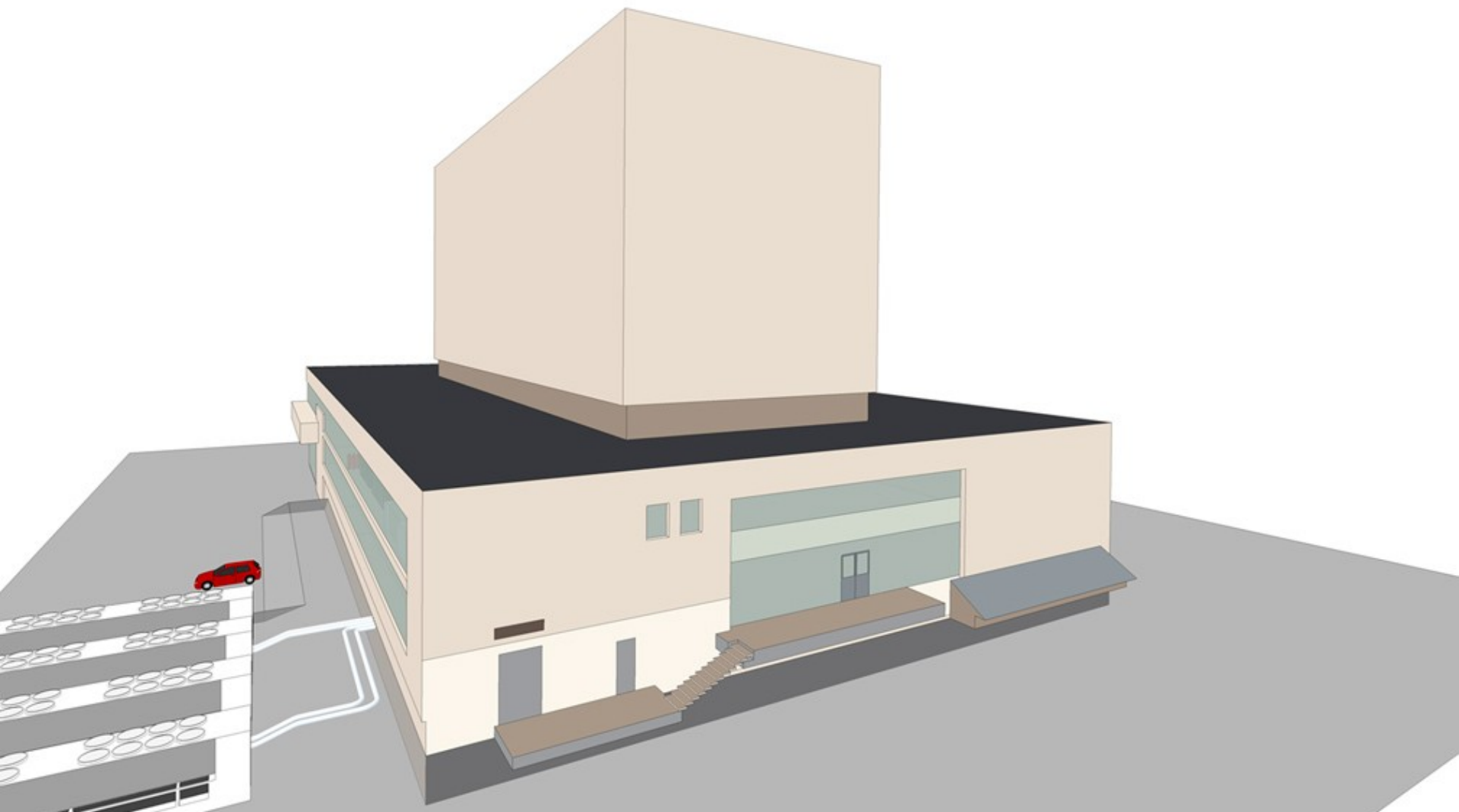
Схема построения Fat Tree в суперкомпьютере «Ломоносов»



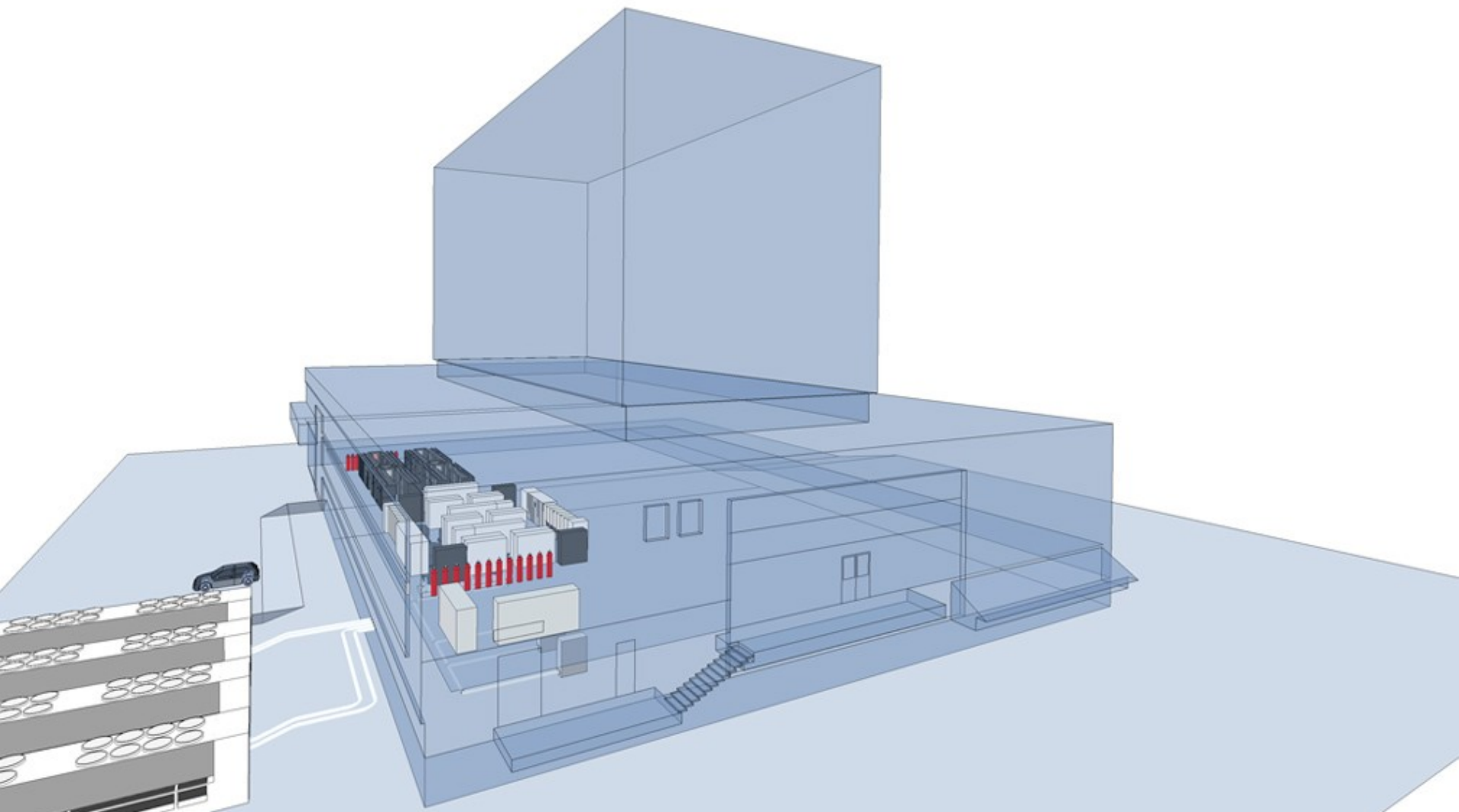
Суперкомпьютер «Ломоносов»



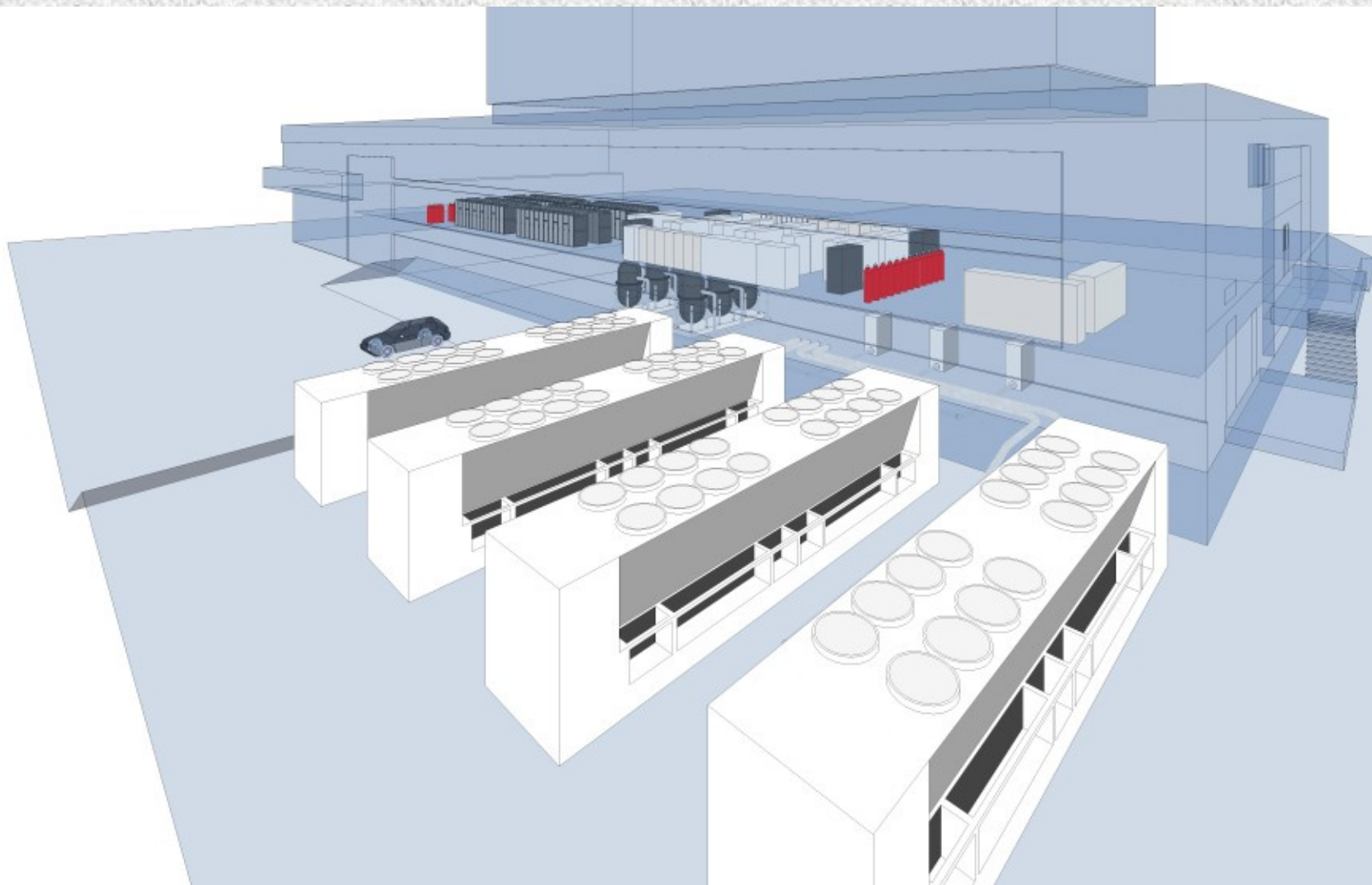
Суперкомпьютер «Ломоносов»



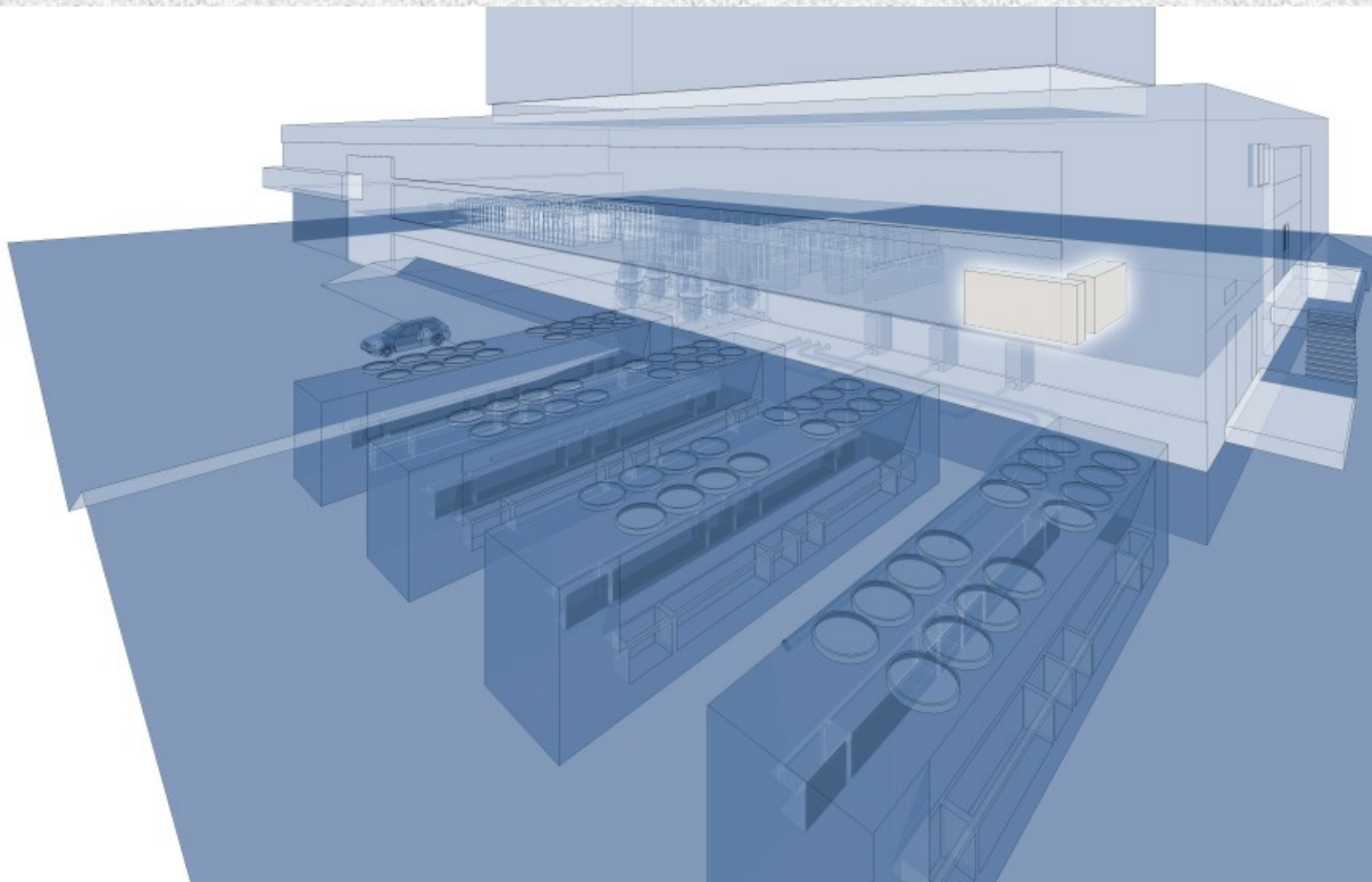
Суперкомпьютер «Ломоносов»



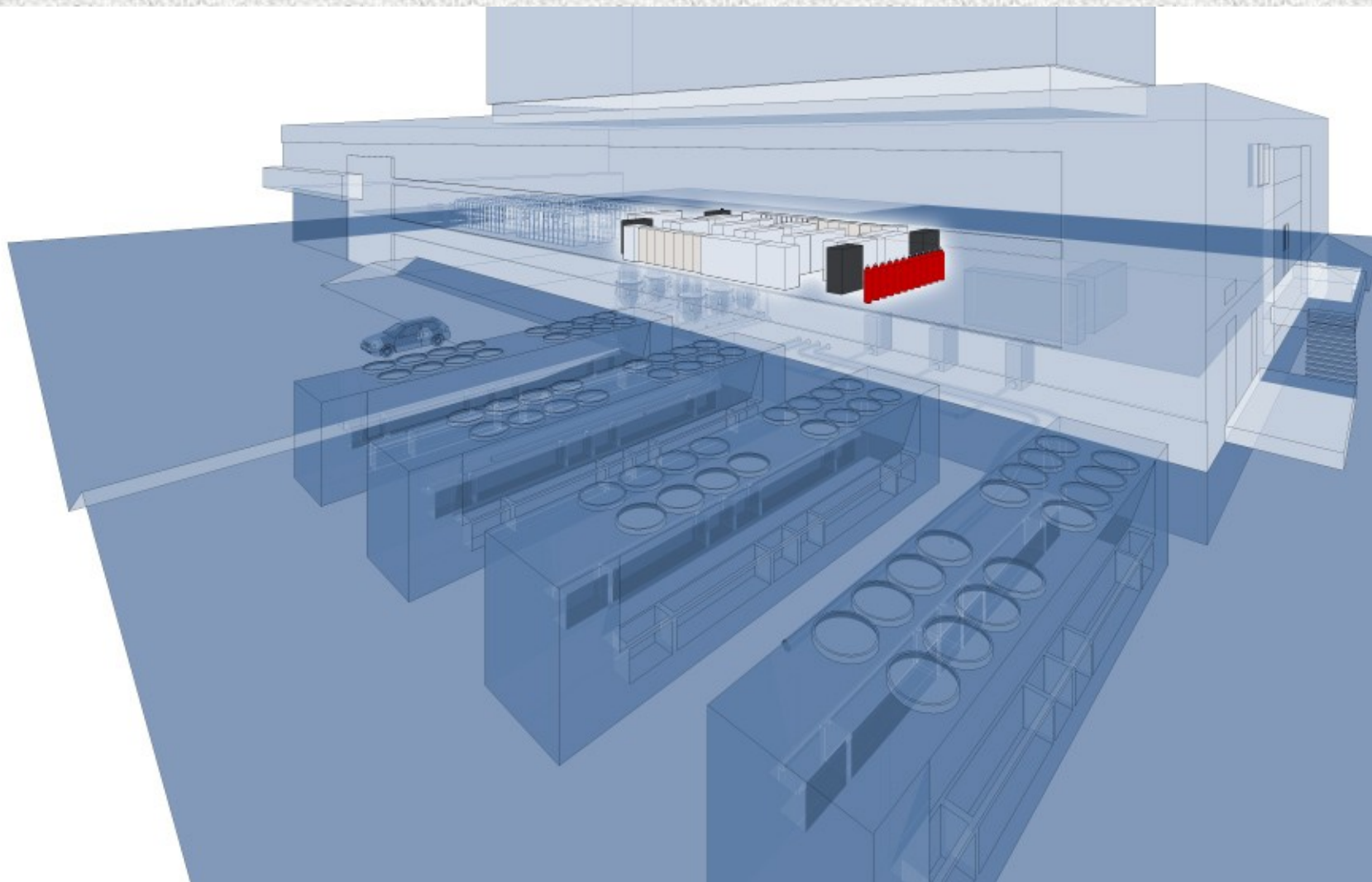
Суперкомпьютер «Ломоносов»



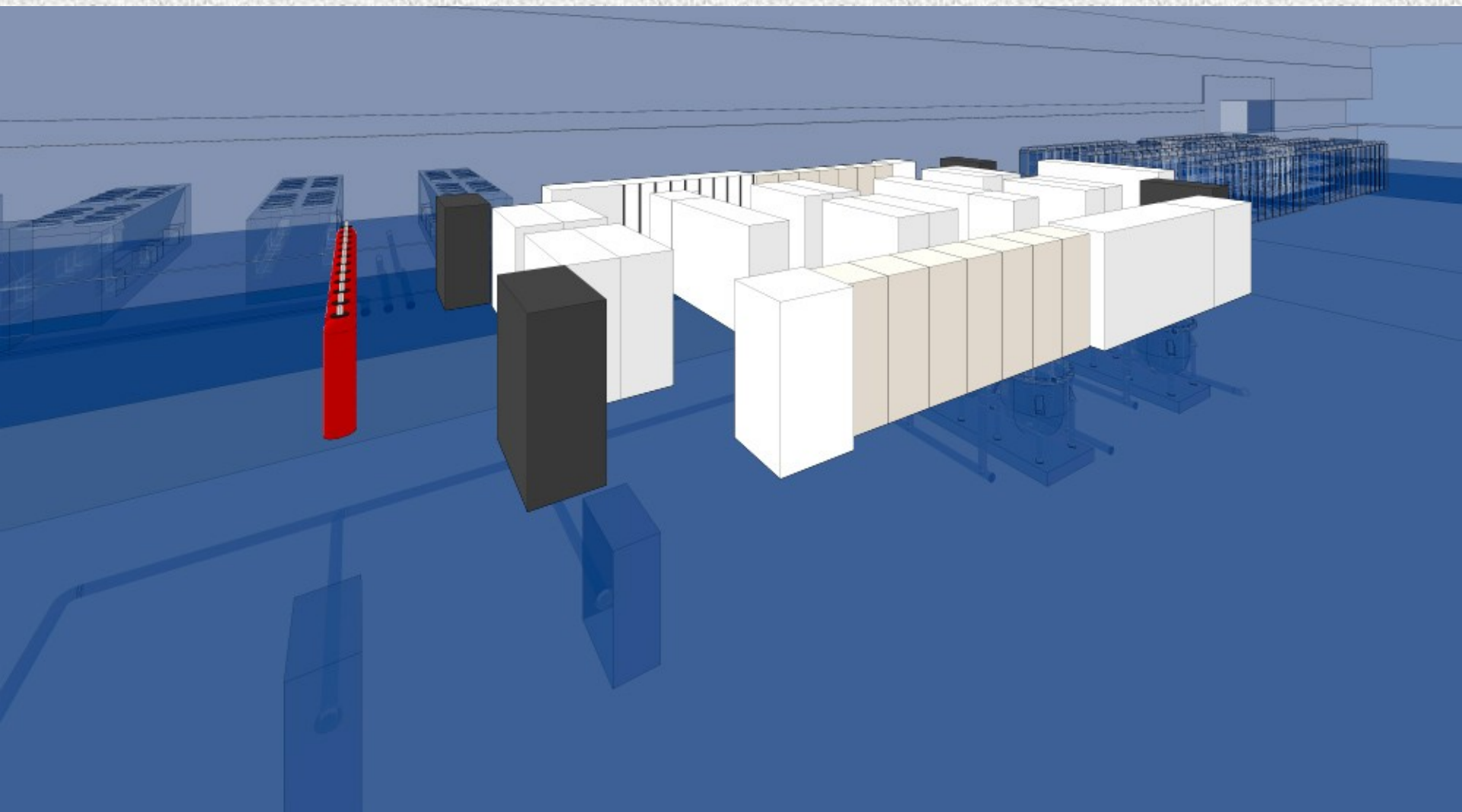
Суперкомпьютер «Ломоносов»



Суперкомпьютер «Ломоносов»



Суперкомпьютер «Ломоносов»



Суперкомпьютер «Ломоносов»



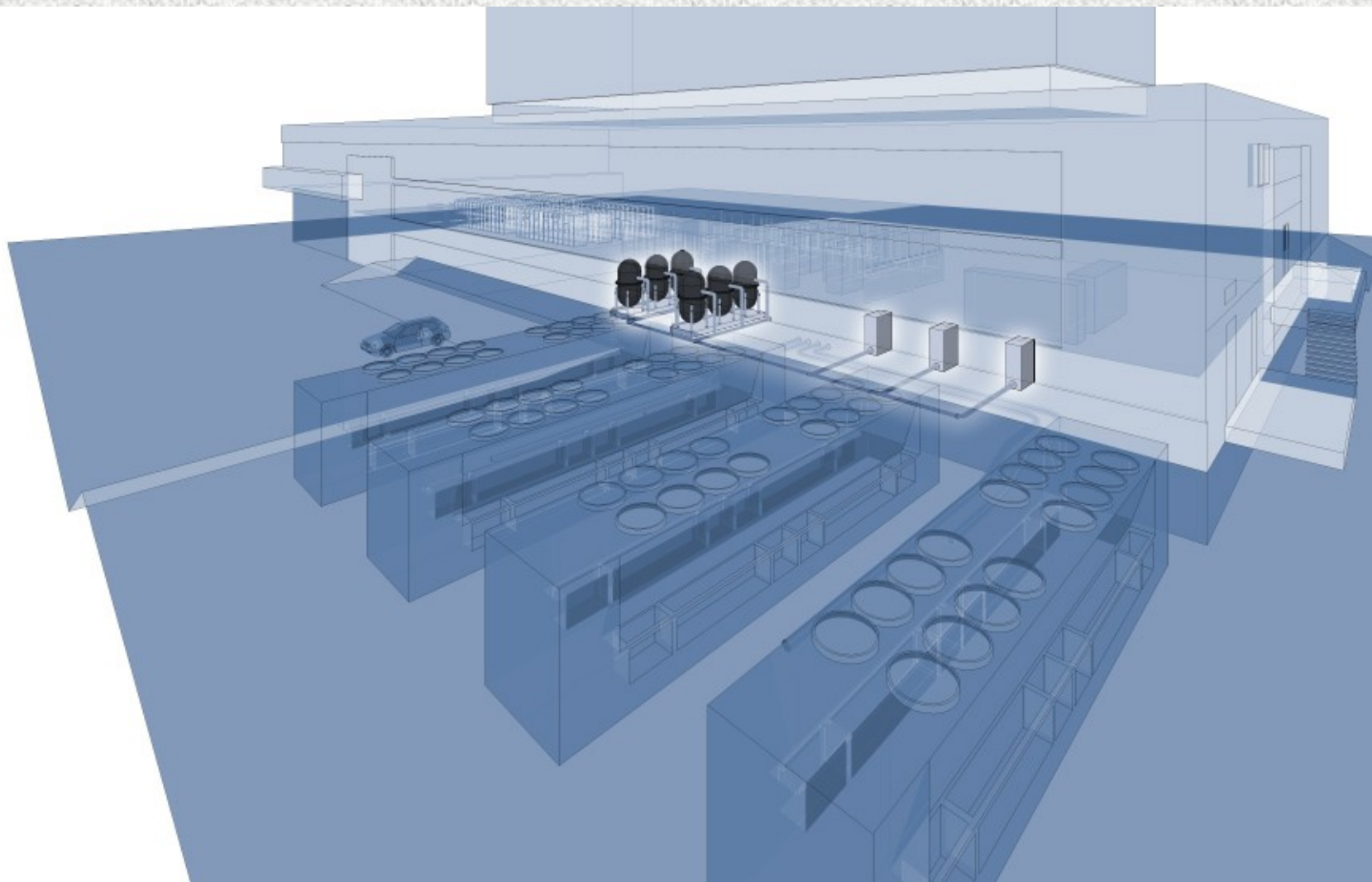
Суперкомпьютер «Ломоносов»



Суперкомпьютер «Ломоносов»



Суперкомпьютер «Ломоносов»



Суперкомпьютер «Ломоносов»

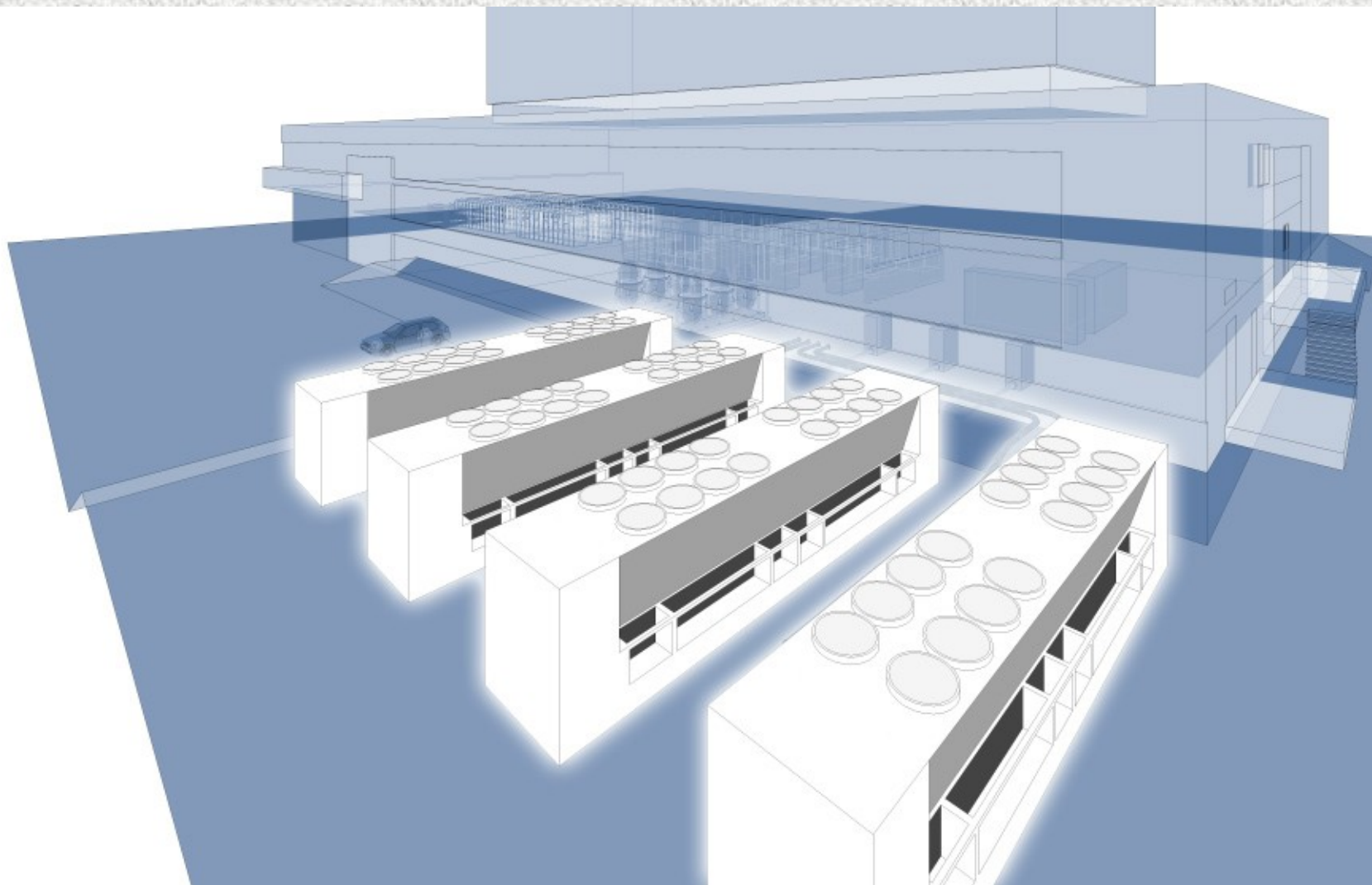


Всего в системе 10 т гликоля и 40 т воды

Суперкомпьютер «Ломоносов»



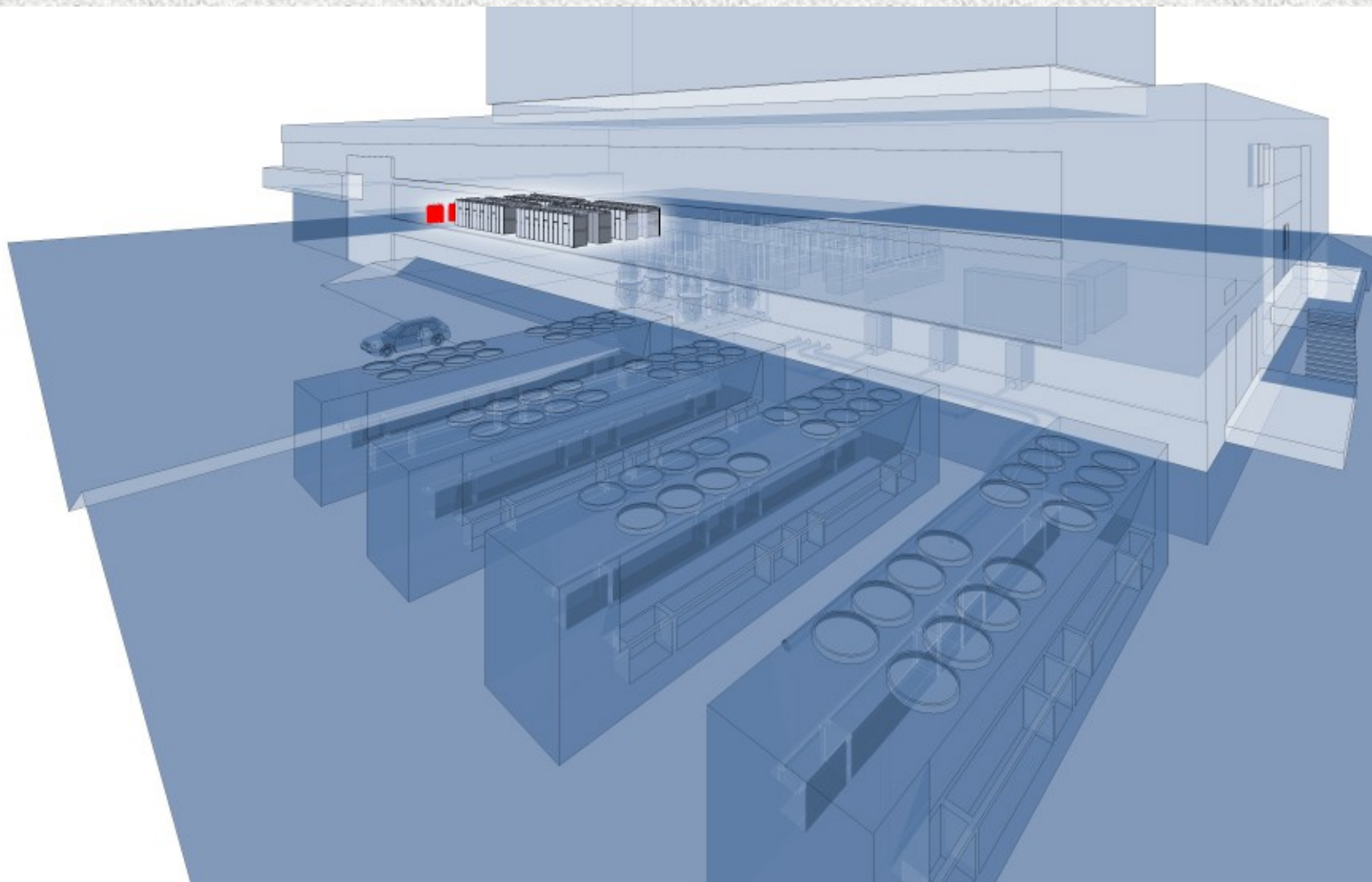
Суперкомпьютер «Ломоносов»



Суперкомпьютер «Ломоносов»



Суперкомпьютер «Ломоносов»

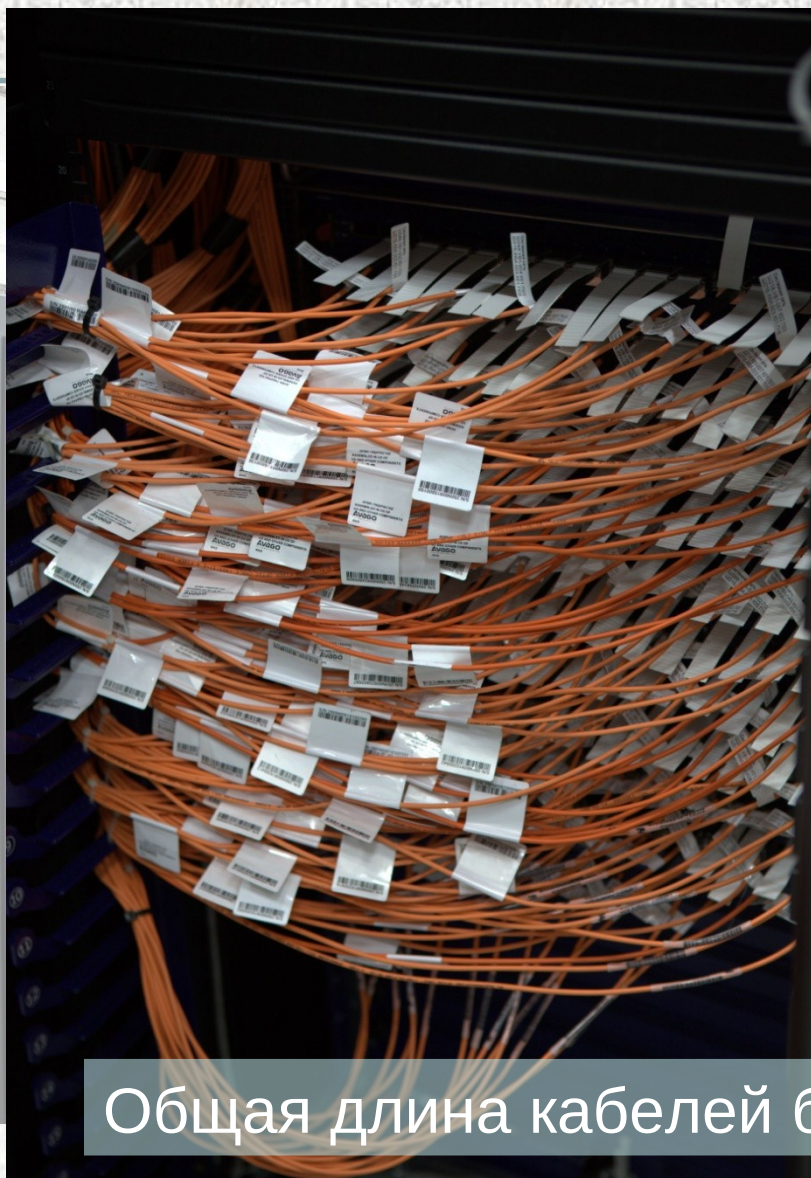


Суперкомпьютер «Ломоносов»



Вес оборудования машзала – 57 т, СБЭ – 92 т

Суперкомпьютер «Ломоносов»



Общая длина кабелей более 80 км

Суперкомпьютер «Ломоносов»



Суперкомпьютер «Ломоносов-2» (инфраструктура)



Суперкомпьютер «Ломоносов-2»



1 стойка = 256 узлов:

Intel Xeon + NVIDIA K40 + NVIDIA P100 + NVIDIA V100

7 стоек = 5.5 PFlop/s

Суперкомпьютер «Ломоносов-2»



В.В.Путин во время визита в МГУ 30 октября 2014 года
(фотографии с сайта kremlin.ru)

Суперкомпьютер «Ломоносов-2»

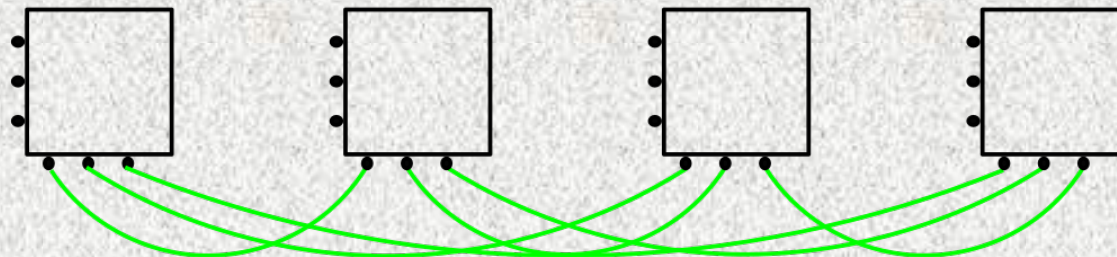


Пиковая производительность	5 505 TFlop/s
Производительность (Linpack)	2 478 TFlop/s
Эффективность	50%
Вычислительных узлов	1 722
Центральные процессоры	Intel Haswell-EP E5-2697v3, Intel Xeon Gold 6126, Intel Xeon Gold 6142, Intel Xeon Gold 6240
Ускорители	Nvidia Tesla K40M, Nvidia P100, Nvidia V100
Оперативная память	114 ТБайт
Коммуникационная сеть	FDR Infiniband / 10 GE
Система хранения данных	1392 ТБайт, Lustre, Panasas
Операционная система	CentOS 7

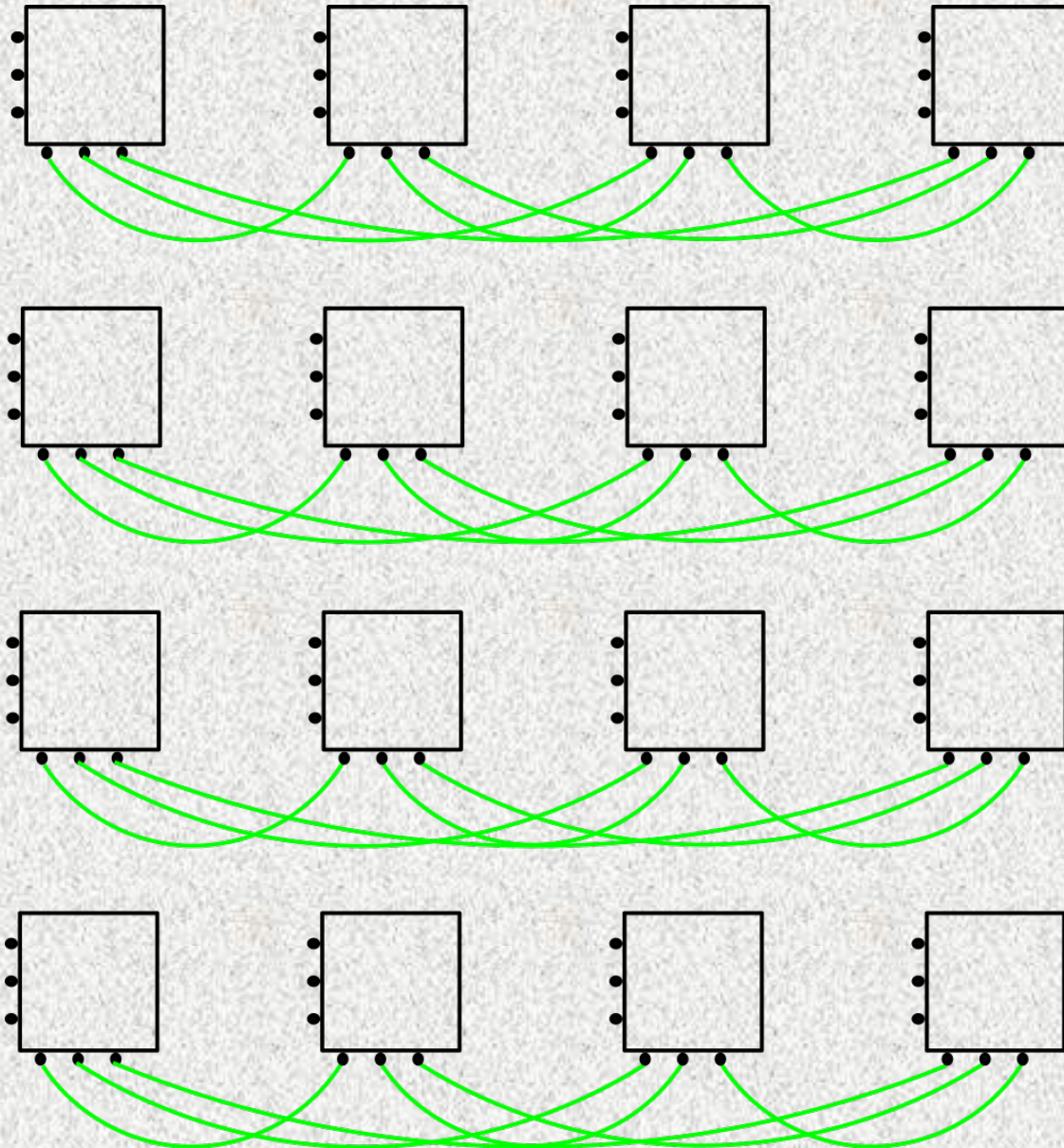
Вычислительная сеть суперкомпьютера «Ломоносов-2»

Тип связи	FDR InfiniBand (56 Gbit/s)
Топология	Flattened Butterfly
Число портов коммутатора	36
Размерность	8x8x8x4
Относительная ширина связей	1x1x1x2
Число вычислительных узлов, подключенных к одному коммутатору	8
Максимальное количество узлов	16 384

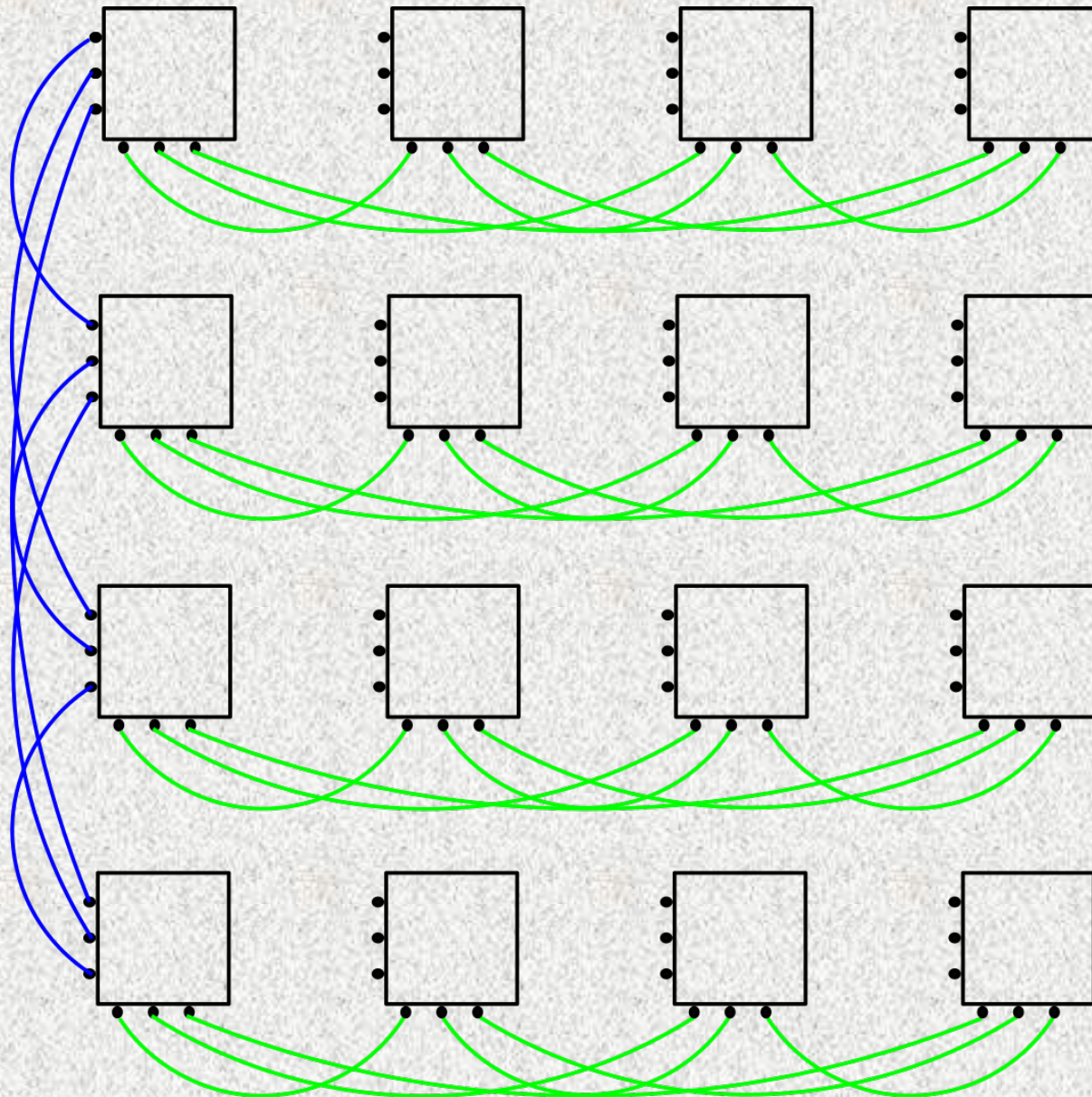
Топология Flattened Butterfly 1-D



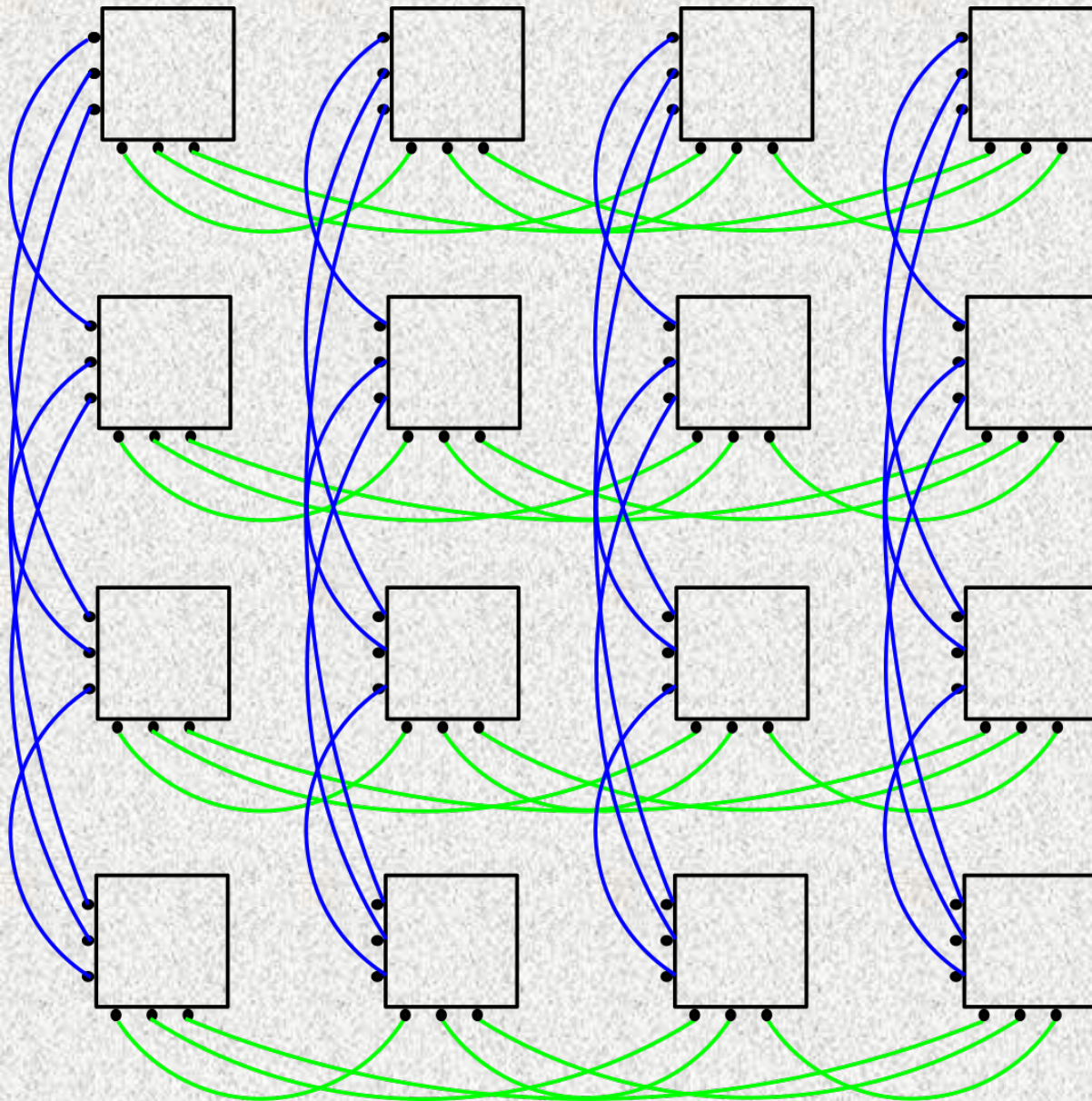
Топология *Flattened Butterfly 2-D*: добавляем узлы



Топология *Flattened Butterfly 2-D*: связи по одной координате



Топология *Flattened Butterfly 2-D*: ВСЕ СВЯЗИ



Суперкомпьютер МГУ в списке Top50 самых мощных суперкомпьютеров СНГ

Top50 | Суперкомпьютеры

top50.supercomputers.ru/list



[Новости](#) [О проекте](#) [Текущий рейтинг](#) [Архив](#) [Статистика](#) [Подать заявку](#)

Текущий рейтинг (Редакция №38 от 28.03.2023)

№	Название Место установки	Узлов Проц. Ускор.	Архитектура: кол-во узлов: конфигурация узла сеть: вычислительная / сервисная / транспортная	Rmax Rpeak (Тфлп/с)	Разработчик Область применения
1	«Червоненкис» Яндекс, Москва	199 398 1592	199: CPU: 2x AMD EPYC 7702 , 1024 GB RAM Acc: 8x NVIDIA A100 HDR InfiniBand / нд / 100 Gigabit Ethernet	21530.0 29415.17	Яндекс NVIDIA IT Services
2	«Галушкин» Яндекс, Москва	136 272 1088	136: CPU: 2x AMD EPYC 7702 , 1024 GB RAM Acc: 8x NVIDIA A100 HDR InfiniBand / нд / 100 Gigabit Ethernet	16020.0 20636.1	Яндекс NVIDIA IT Services
3	«Ляпунов» Яндекс, Москва	137 274 1096	137: CPU: 2x AMD Epyc 7662, 512 GB RAM Acc: 8x NVIDIA A100 HDR InfiniBand / нд / 100 Gigabit Ethernet	12810.0 20029.19	NVIDIA Inspur IT Services
4	«Кристофари Нео» SberCloud (ООО)	99 198 792	99: CPU: 2x AMD EPYC 7742, 2048 GB RAM Acc: 8x NVIDIA A100	11950.0 14908.6	NVIDIA SberCloud (ООО «Облачные



Организаторы
рейтинга:



«Ломоносов-2» - 6 место

<http://top50.supercomputers.ru>



Суперкомпьютеры «Ломоносов» и «Ломоносов-2» в списке Top500 самых мощных суперкомпьютеров мира

«ЛОМОНОСОВ»

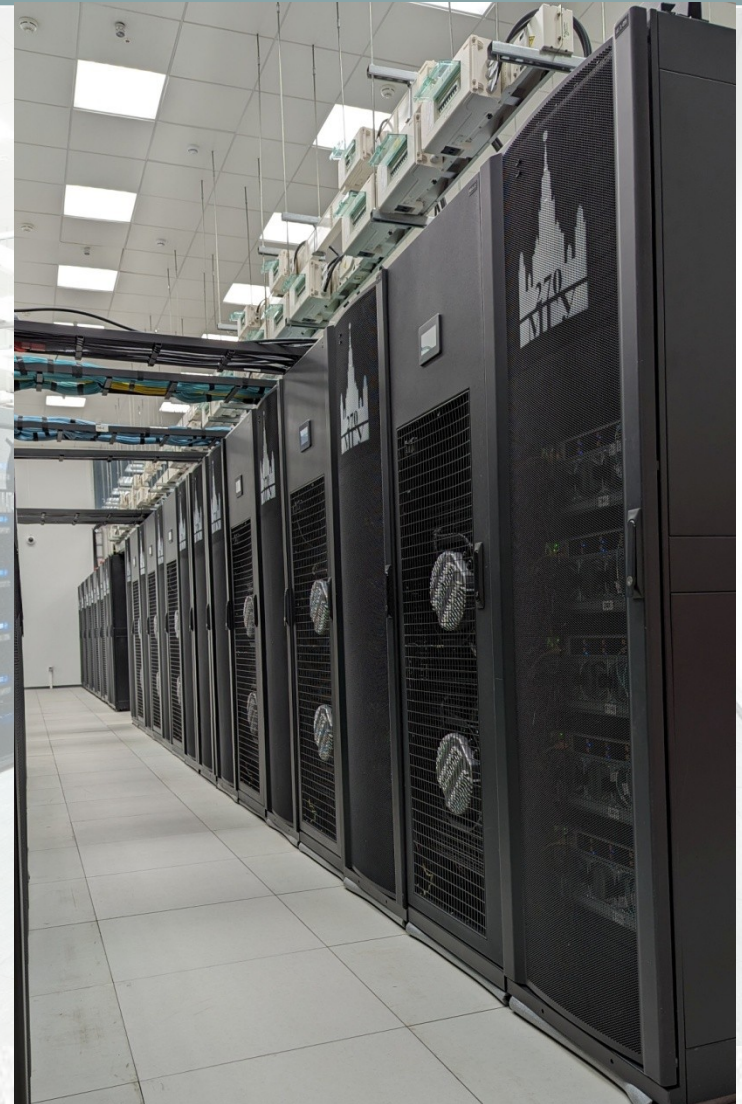
Дата	Производительность	Место
Ноябрь 2009 г.	0.4 PFlop/s	12
Ноябрь 2018 г.	1.7 PFlop/s	485

«ЛОМОНОСОВ-2»

Дата	Производительность	Место
Ноябрь 2014 г.	2.6 PFlop/s	22
Июнь 2024 г.	4.9 PFlop/s	406

**«Нужно бежать со всех ног, чтобы только оставаться на месте, а чтобы куда-то попасть, надо бежать как минимум вдвое быстрее!»
(Льюис Кэрролл, «Алиса в зазеркалье»)**

Супервычислитель «МГУ-270»



Супервычислитель «МГУ-270»

Количество узлов	80	
Параметр	Один узел	Всего
Производительность, AI PFlop/s	5	400
Производительность, Pop/s INT8	10	800
Ядер ЦП	128	10240
ОП, ГБ	2048	163840
Энергопотребление, кВт	6.5	520
Система хранения данных, ПБ	6	
Коммуникационная сеть, пропускная способность, ТБ/с	300	



Суперкомпьютер «Ломоносов-2» - основной вычислительный комплекс России



Распределение приложений пользователей по областям науки

✓ **880 проектов**
✓ **2955 пользователей**

✓ **24 факультета и института МГУ**
✓ **102 университета России**
✓ **95 институтов РАН**

Доступ к системам Суперкомпьютерного комплекса МГУ имени М.В.Ломоносова

The image shows a web browser displaying the Parallel.RU website. The top navigation bar includes links for 'Панель инструментов', 'Содержимое', 'Структура', 'Пользователи', 'Настройка', 'Отчеты', and 'Справка'. The main content area is titled 'Регламент доступа к вычислительному комплексу МГУ' and lists various rules and regulations. Below this, there is a section for 'Общие положения' and a list of resources. The bottom part of the image shows the Octoshell login page with a 'Войти' button and a 'Зарегистрироваться' button.

Панель инструментов | Содержимое | Структура | Пользователи | Настройка | Отчеты | Справка | Зарегистрируйтесь, ASA | Выйти

Мой профиль | Выйти

PARALLEL.RU

ЦКП | Начинаящим | Суперкомпьютеры | Прикладное ПО | Дополнительно | Информация | О Центре

Просмотреть | Изменить | Редакция | Следить

Регламент доступа к вычислительному комплексу МГУ

- Общие положения
- Регламент доступа
- Правила доступа и использования ресурсов суперкомпьютерного комплекса
- Перерегистрация

Общие положения

- Ресурсы суперкомпьютерного комплекса Московского университета предназначены для поддержки фундаментальных научных исследований и учебного процесса, а также выполнения специальных проектов, требующих привлечения суперкомпьютерных систем с петафlopным уровнем производительности.
- Распределение приборного времени и очередность работ на оборудовании ЦКП определяется в соответствии с приоритетами:
 - учебная работа в соответствии с учебным планом,
 - научная работа профессорско-преподавательского состава, научных работников МГУ,
 - научная работа подразделений МГУ в соответствии с планом научных работ,
 - выполнение научных проектов мирового уровня по приоритетным направлениям в рамках Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации,
 - оказание услуг сторонним организациям на возмездной основе.
- Работа студентов, аспирантов и сотрудников МГУ осуществляется на безвозмездной основе.
- Использование вычислительных ресурсов производится в удаленном режиме (через Интернет) для различных научных проектов, главным образом, подразделениями МГУ.

Octoshell | Справка+ | Регистрация | Вход | rus | eng

Octoshell

Система управления доступом к Суперкомпьютерному комплексу МГУ имени М.В. Ломоносова

Войти | Зарегистрироваться

НИВЦ МГУ имени М.В. Ломоносова
Created by Evrone

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

**ИНСТИТУТ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ
МАТЕМАТИКИ
(ИВМ РАН)**

Ул. Губкина, д.8, Москва 119333
Тел.: 938-17-69, 938-37-86. Факс 938-18-21
E-mail: director@imm.ras.ru, http://www.imm.ras.ru
ОКПО 04742320, ОГРН 1027700542363
ИНН/КПП 7736060033/773601001

Ректору
Московского государственного
университета
имени М.В. Ломоносова
академику В.А. Садовничему

06.10.2008 № 10456/225

на № _____ от _____

Глубокоуважаемый Виктор Антонович!

Просим Вас рассмотреть вопрос о предоставлении доступа на суперкомпьютерный комплекс НИВЦ МГУ сотрудникам Института вычислительной математики РАН

Володину Евгению Михайловичу
Глазунову Андрею Васильевичу

Доступ необходим для решения вычислительных задач, связанных с моделированием климата и его изменений, а также задач по моделированию турбулентности в пограничном слое атмосферы.

Гарантируем использование предоставленных ресурсов только для указанных задач и полное соблюдение правил работы на суперкомпьютерном комплексе НИВЦ МГУ, опубликованных по адресу <http://parallel.ru/cluster/rules/>.

Директор ИВМ РАН академик Дымников В.П.
6 октября 2008г.

Суперкомпьютеры «Ломоносов» и «Ломоносов-2»



Виртуальная экскурсия по суперкомпьютерам

«Ломоносов» и «Ломоносов-2»:

<http://lom1.virtual-hpc.parallel.ru>

<http://lom2.virtual-hpc.parallel.ru>

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



СУПЕРКОМПЬЮТЕРЫ И ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ (лекция 7)

А.С.Антонов

Вед. н.с. НИВЦ МГУ, к.ф.-м.н.

asa@parallel.ru

ВМК МГУ, 2024