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

СУПЕРКОМПЬЮТЕРЫ И ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ (лекция 6)

А.С.Антонов

Вед. н.с. НИВЦ МГУ, к.ф.-м.н.

asa@parallel.ru

ВМК МГУ, 2020

Суперкомпьютерный комплекс МГУ имени М.В.Ломоносова

«Ломоносов-2»

5.5 Pflops

«Ломоносов»

1.7 Pflops

«Чебышев»

60 Tflops

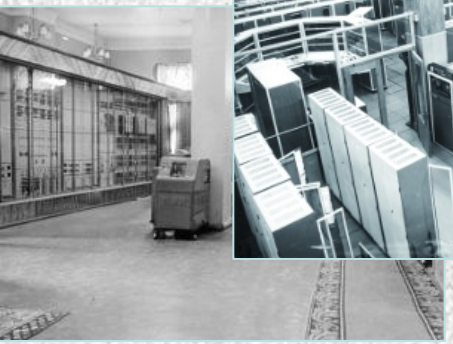
SCI

12 Gflops

БЭСМ-6

1 млн. оп/сек.

«Стрела»



2000 оп/сек.

1956 1968 2000 2007 2009 2014

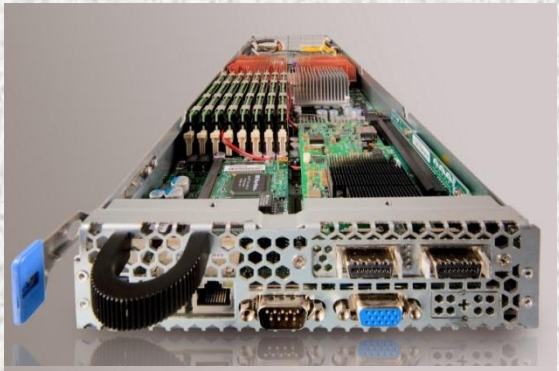
Суперкомпьютерный комплекс МГУ имени М.В.Ломоносова

- 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

Суперкомпьютер СКИФ МГУ «Чебышёв»

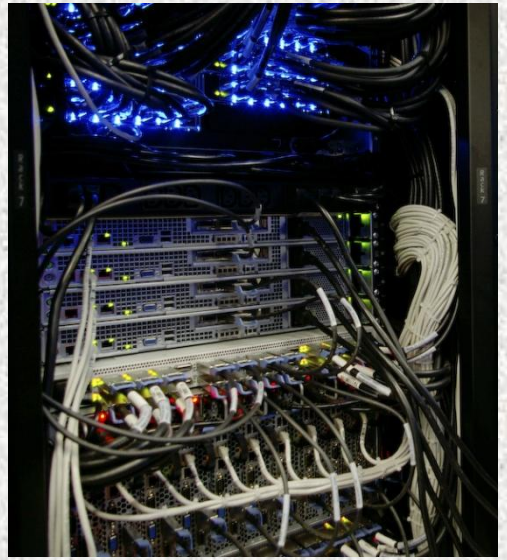
- 1 место в 8-ой редакции списка Топ50 наиболее мощных компьютеров СНГ (март 2008 года)
- 36 место в 31-ой редакции списка Top500 наиболее мощных компьютеров мира (июнь 2008 года)
- Пиковая производительность: 60 TFlop/s
- Производительность на Linpack: 47.32 TFlop/s (79% пиковой), матрица 740000x740000
- 625 вычислительных узлов, 1250 процессоров, 5000 процессорных ядер
- 42 стойки: 14 вычислительных, 28 инфраструктурных
- Помещение 98 $м^2$
- 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:

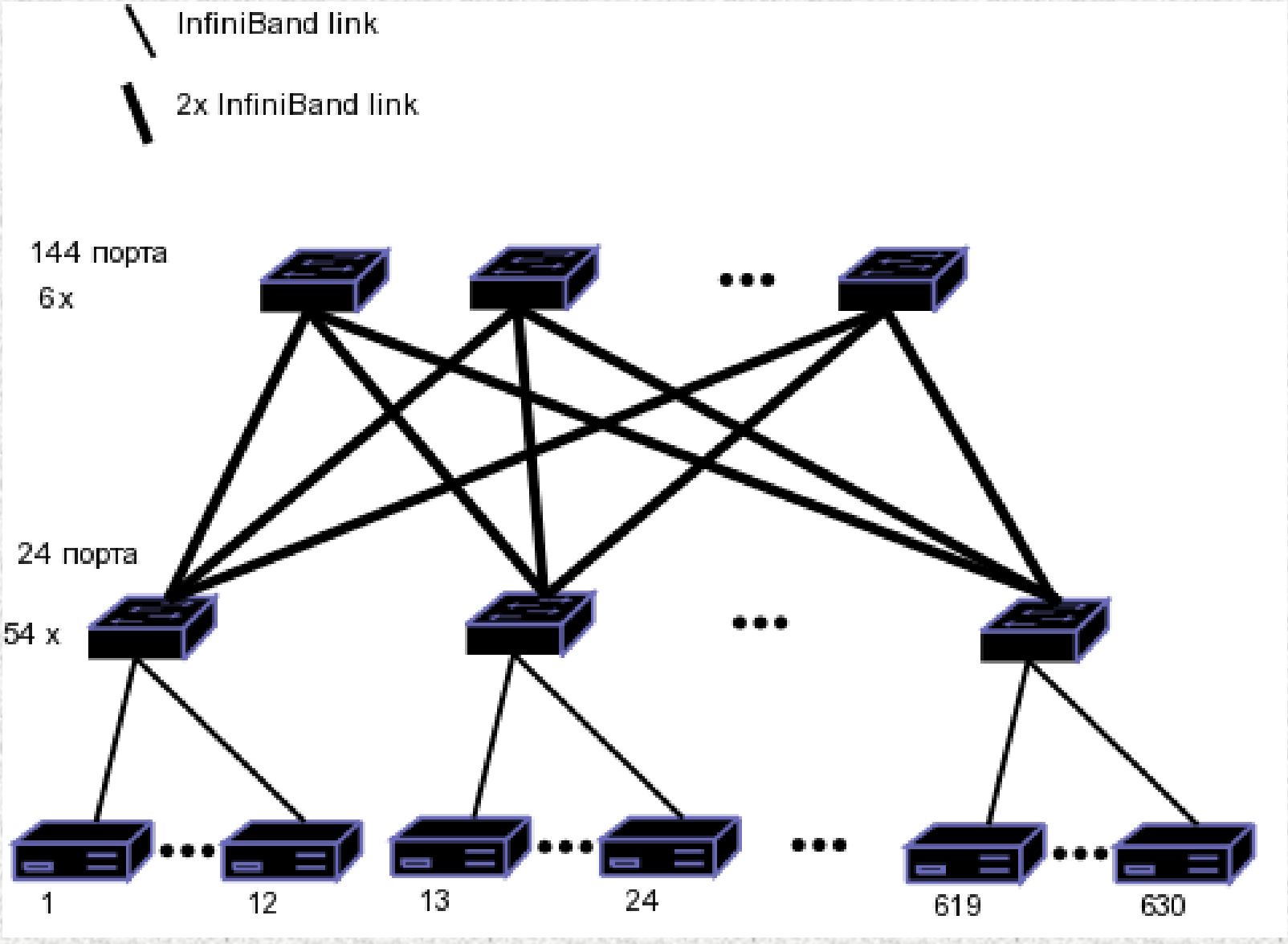
- Процессоры:
  - ✓1250 Intel E5472 3.0 ГГц Harpertown
- Блэйд-шасси T-Blade («Т-Платформы»)
  - ✓Форм-фактор 5 U
  - ✓До 10 вычислительных узлов
- Оперативная память:
  - ✓529 x 8 ГБ, бездисковые
  - ✓64 x 8 ГБ, 160 ГБ HDD
  - ✓32 x 16 ГБ, 160 ГБ HDD
  - ✓8 x 32 ГБ, 160 ГБ HDD



Коммуникационная сеть:

- DDR InfiniBand
  - ✓Mellanox MT25418 NIC
  - ✓FatTree
  - ✓SilverStorm 9120 – базовые коммутаторы
  - ✓Flextronix F-X430046 – листовые коммутаторы
- Характеристики
  - ✓1.3 – 1.95 μs 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:

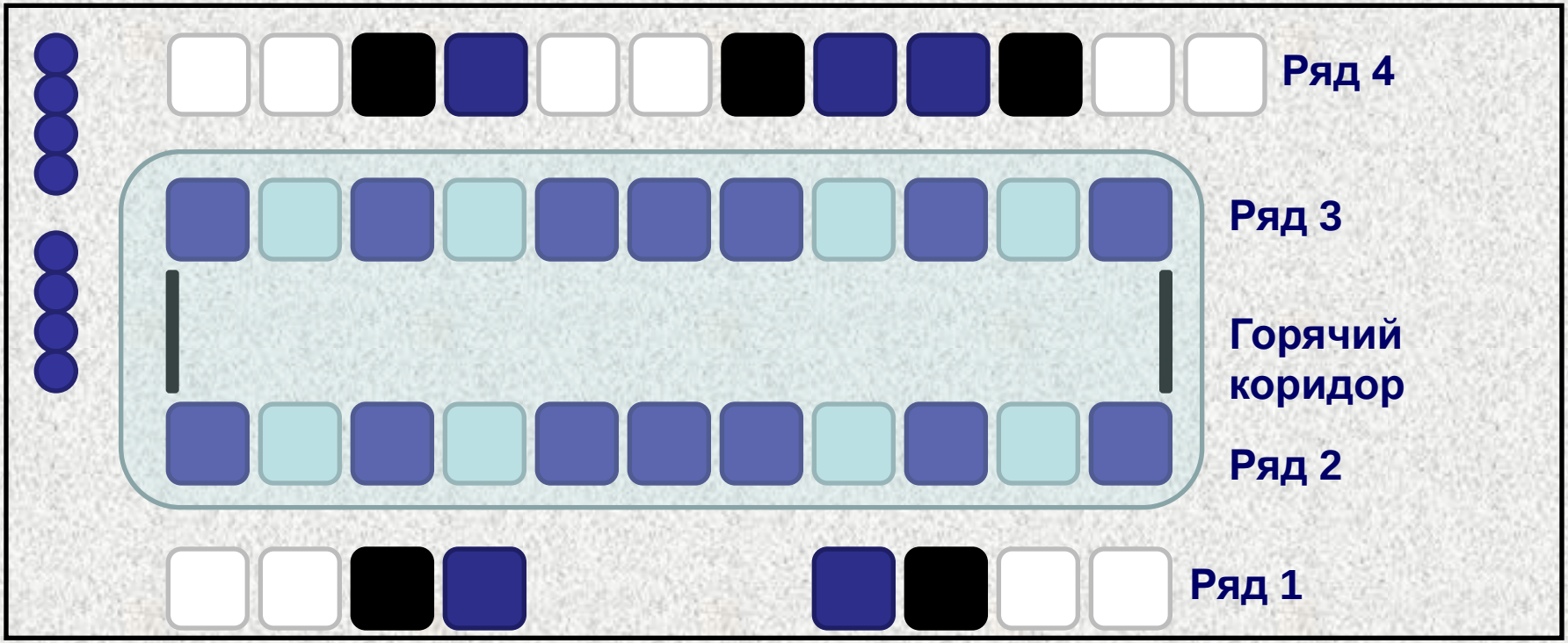
•Меньший объём охлаждаемой части помещения

•Более тесная компоновка

•Встречные воздушные потоки

Суперкомпьютер СКИФ МГУ «Чебышёв»

Компоновка системы:



Системы охлаждения

Вычислительные узлы, система хранения, коммуникационная сеть

Батареи

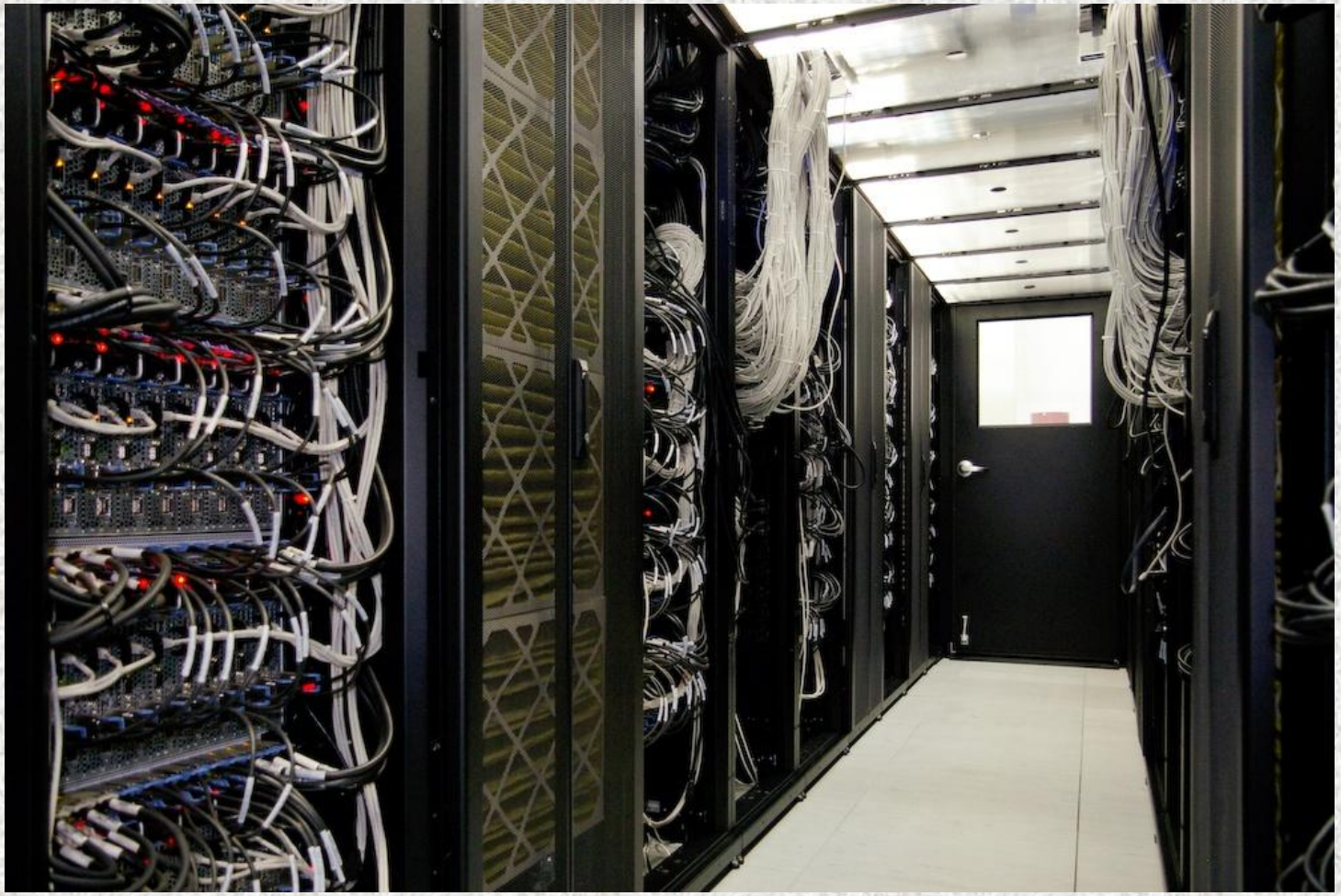
UPS

PDU

Газовые баллоны

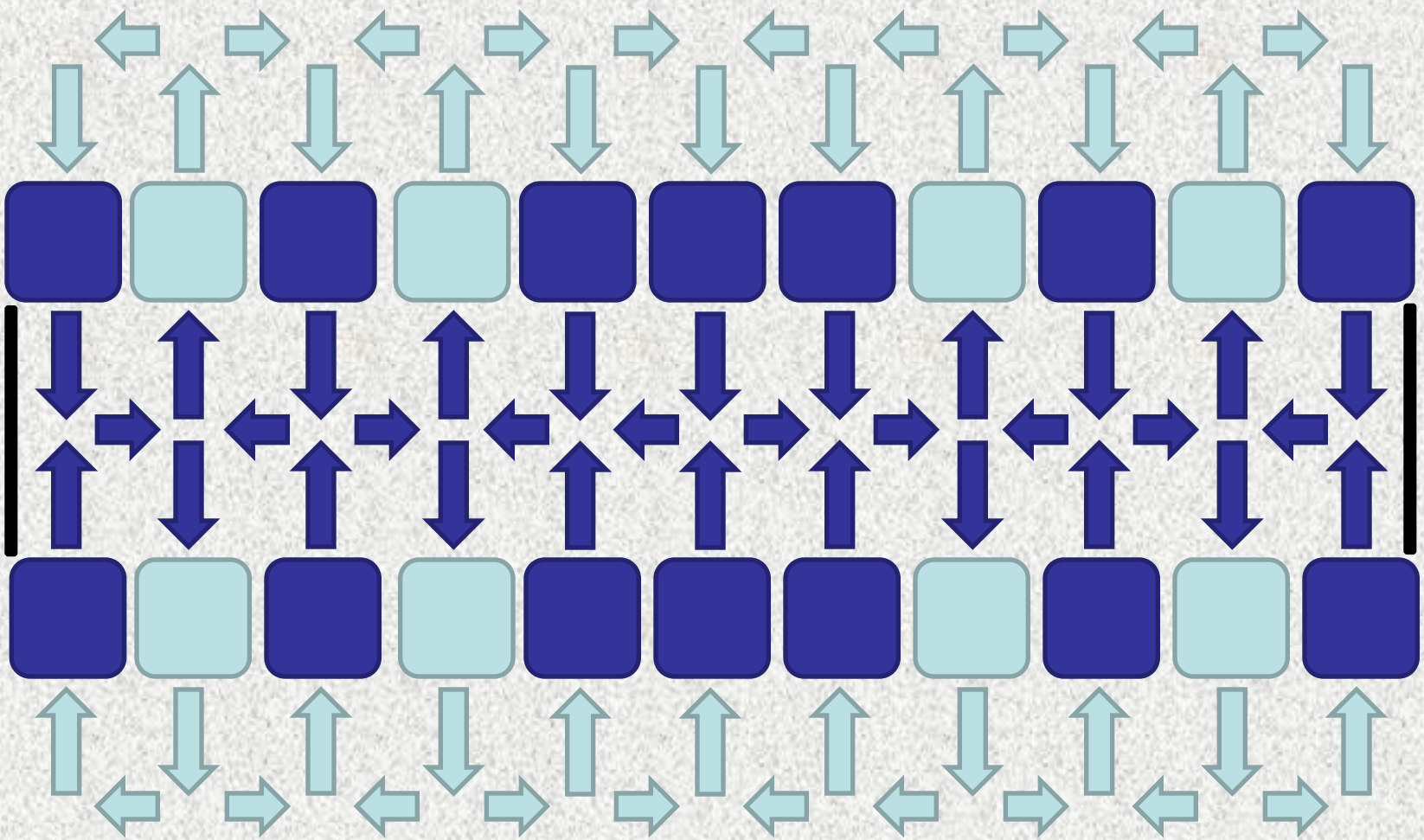
Суперкомпьютер СКИФ МГУ «Чебышёв»

Горячий коридор:



Суперкомпьютер СКИФ МГУ «Чебышёв»

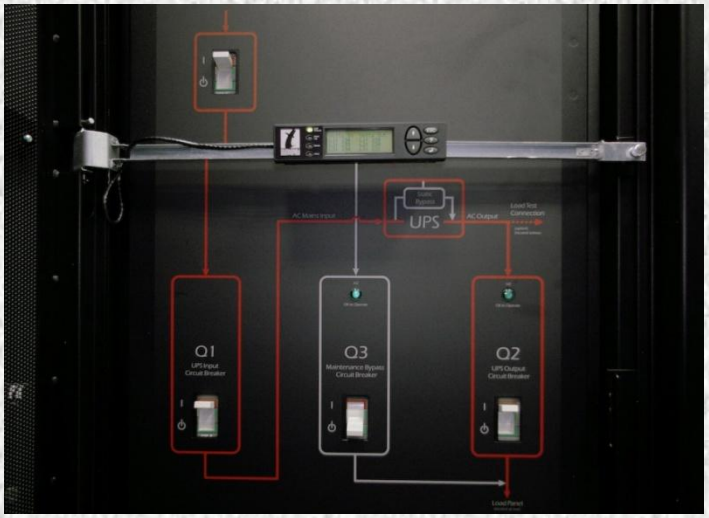
Горячий коридор:



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

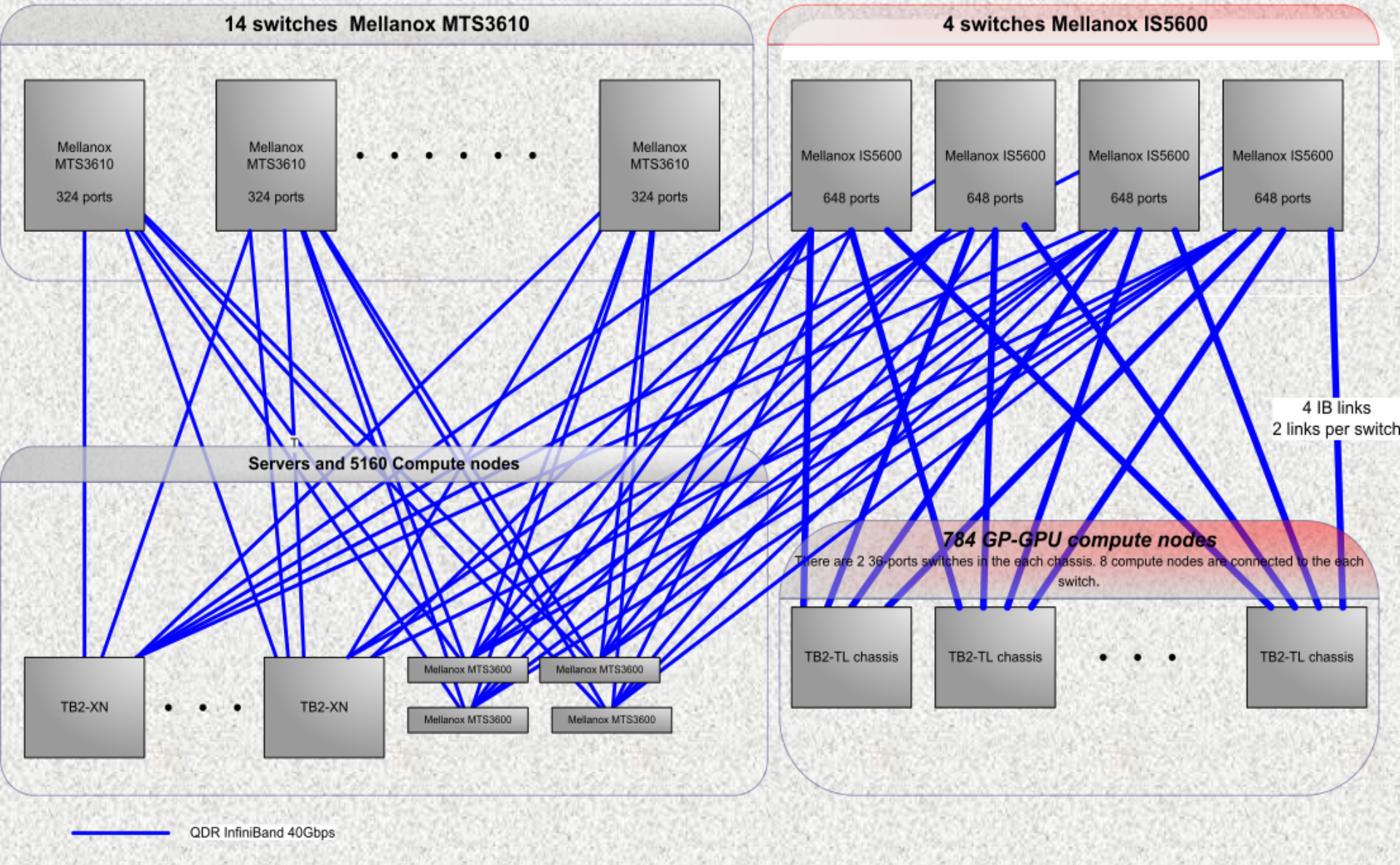


Суперкомпьютер «Ломоносов»

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 м^2
Энергопотребление (вычислитель)	2.8 МВт

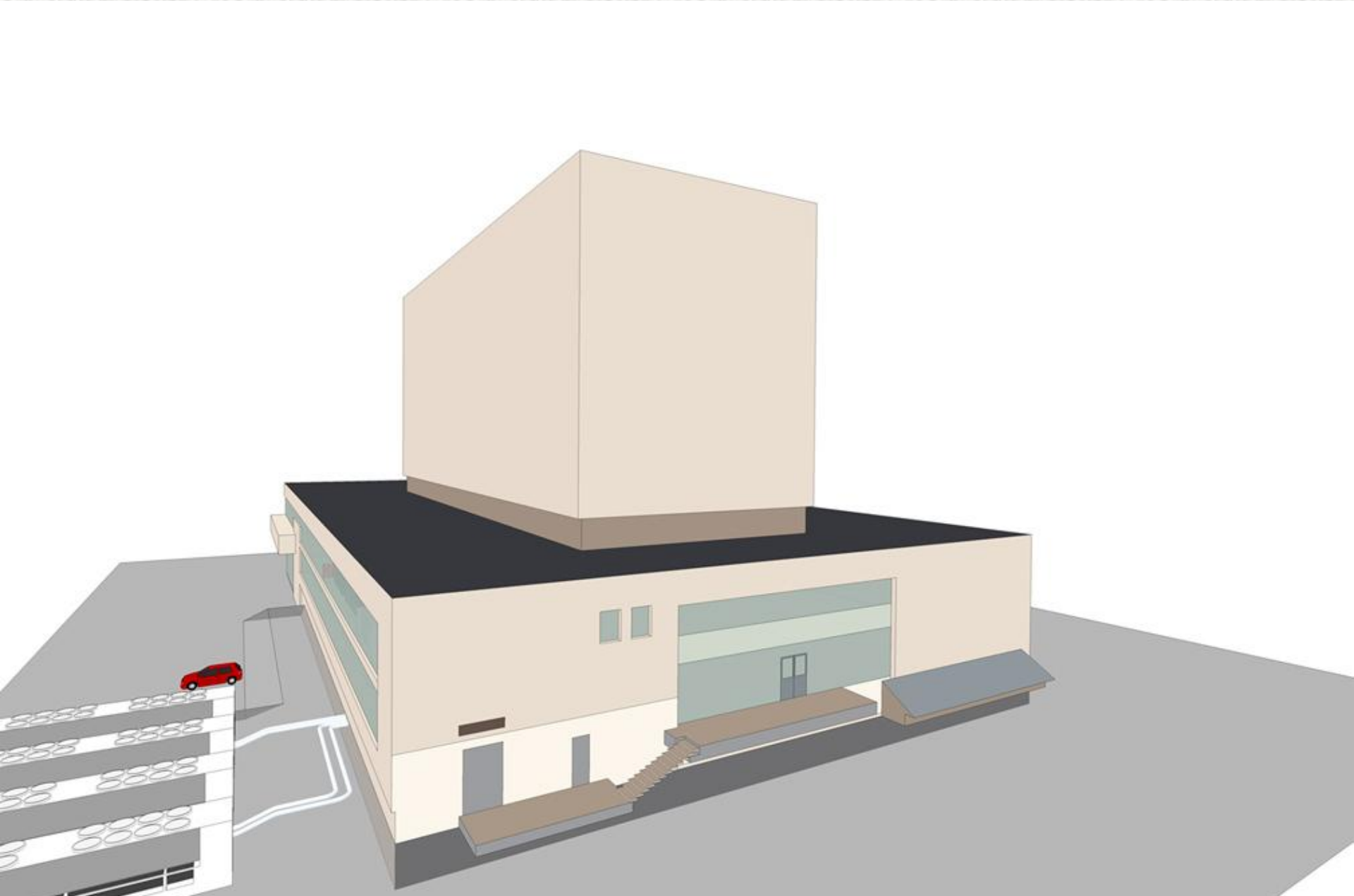
Суперкомпьютер «Ломоносов»

Схема построения Fat Tree в суперкомпьютере «Ломоносов»

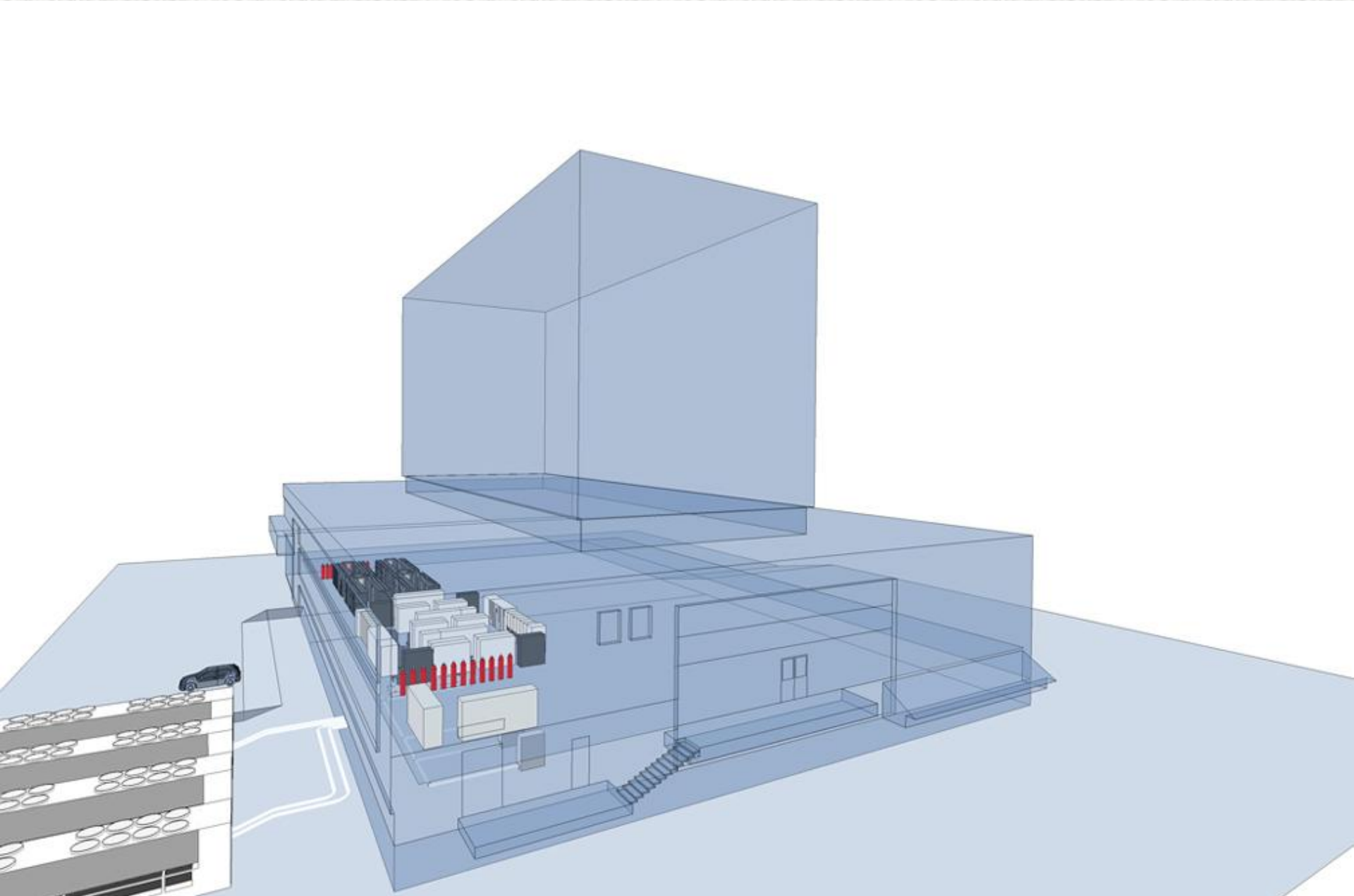


Суперкомпьютер «Ломоносов»

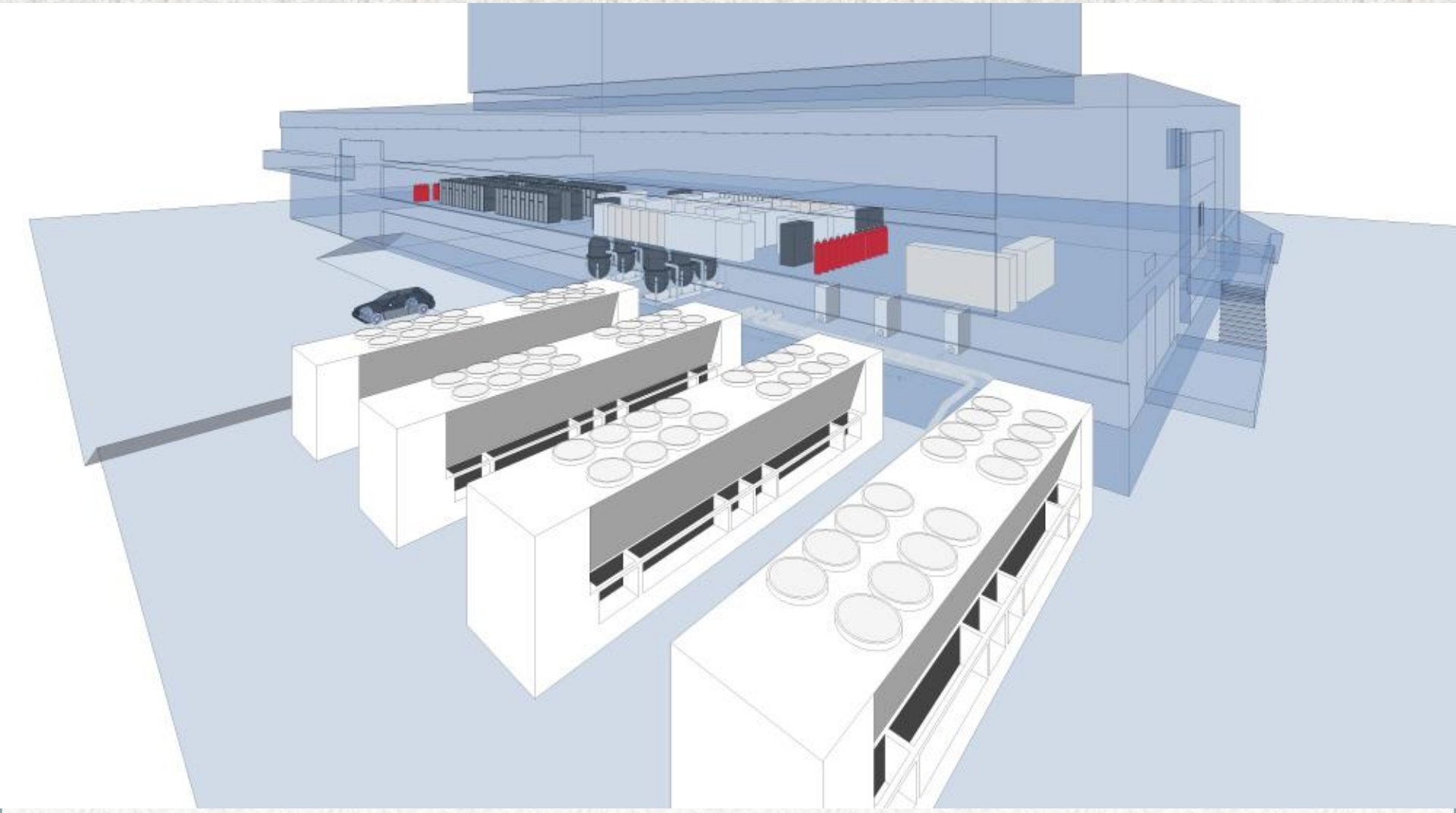
Суперкомпьютер «Ломоносов»



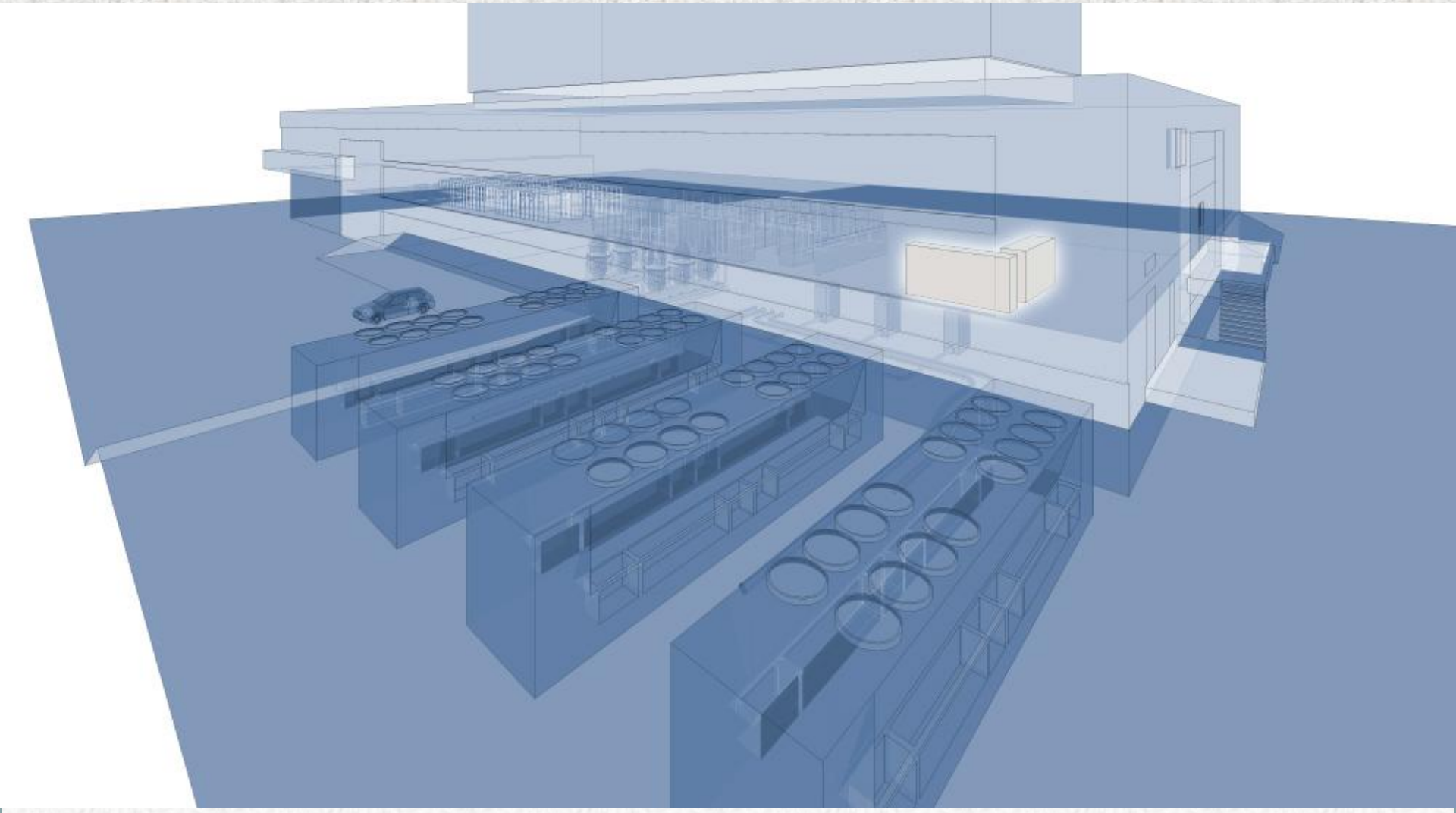
Суперкомпьютер «Ломоносов»



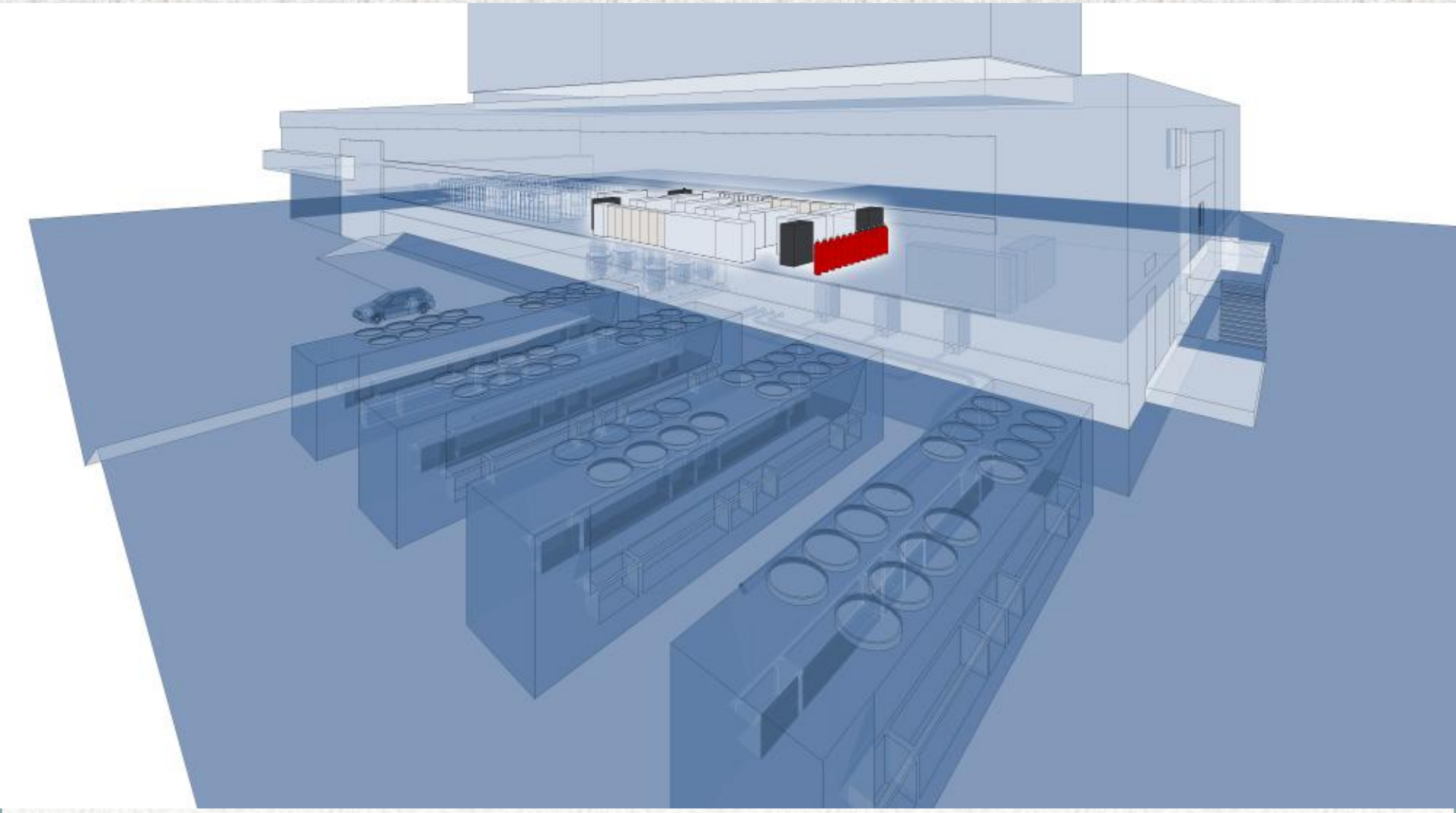
Суперкомпьютер «Ломоносов»



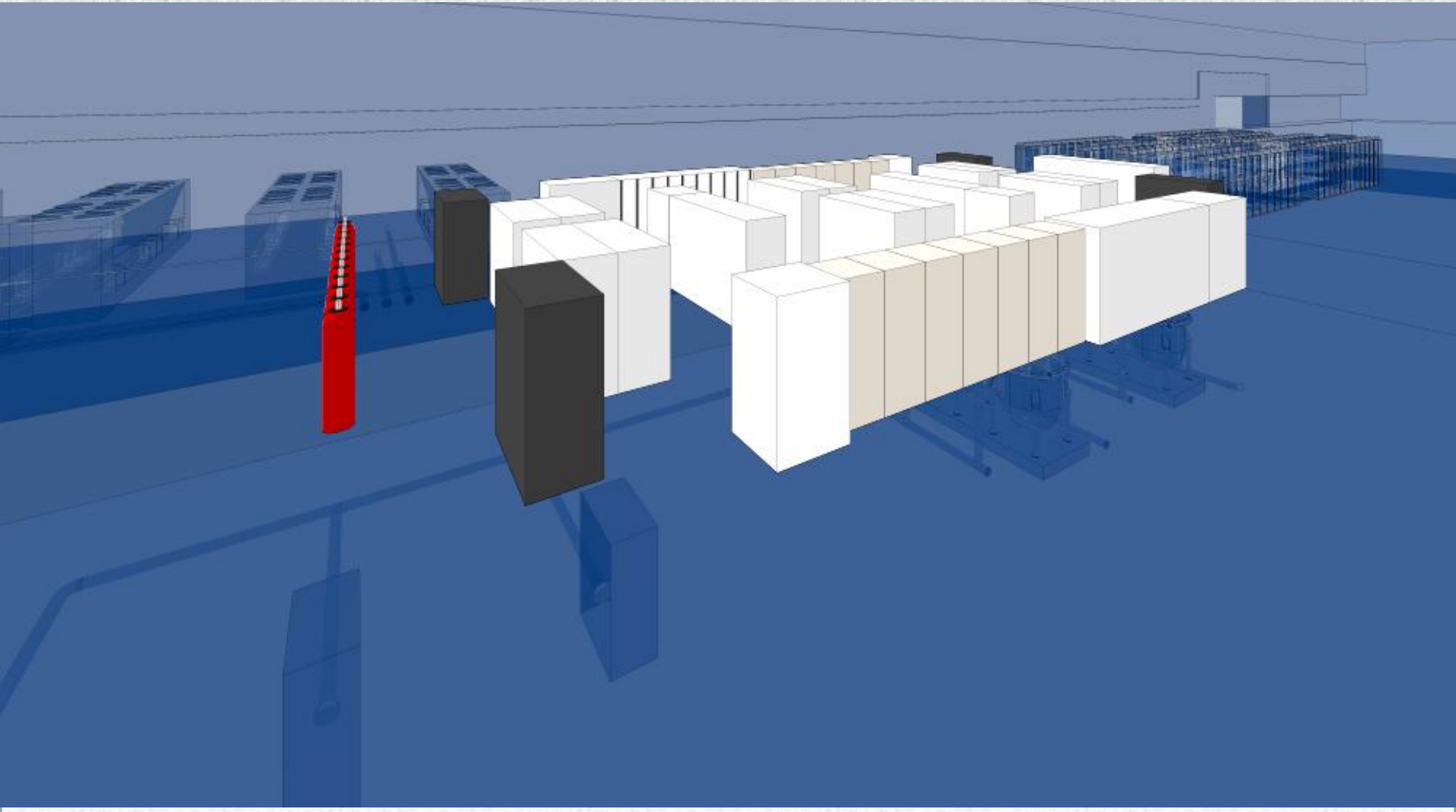
Суперкомпьютер «Ломоносов»



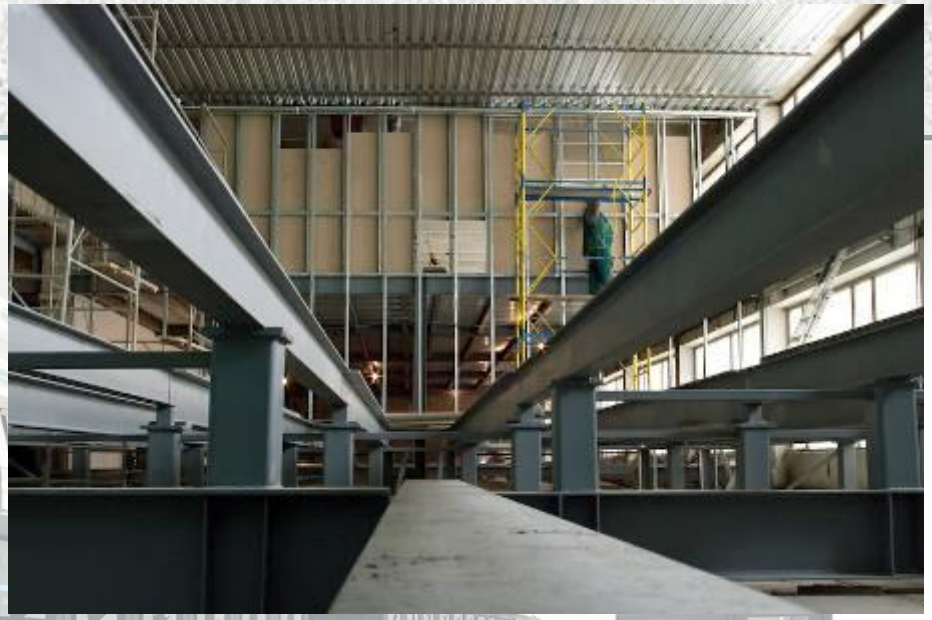
Суперкомпьютер «Ломоносов»



Суперкомпьютер «Ломоносов»



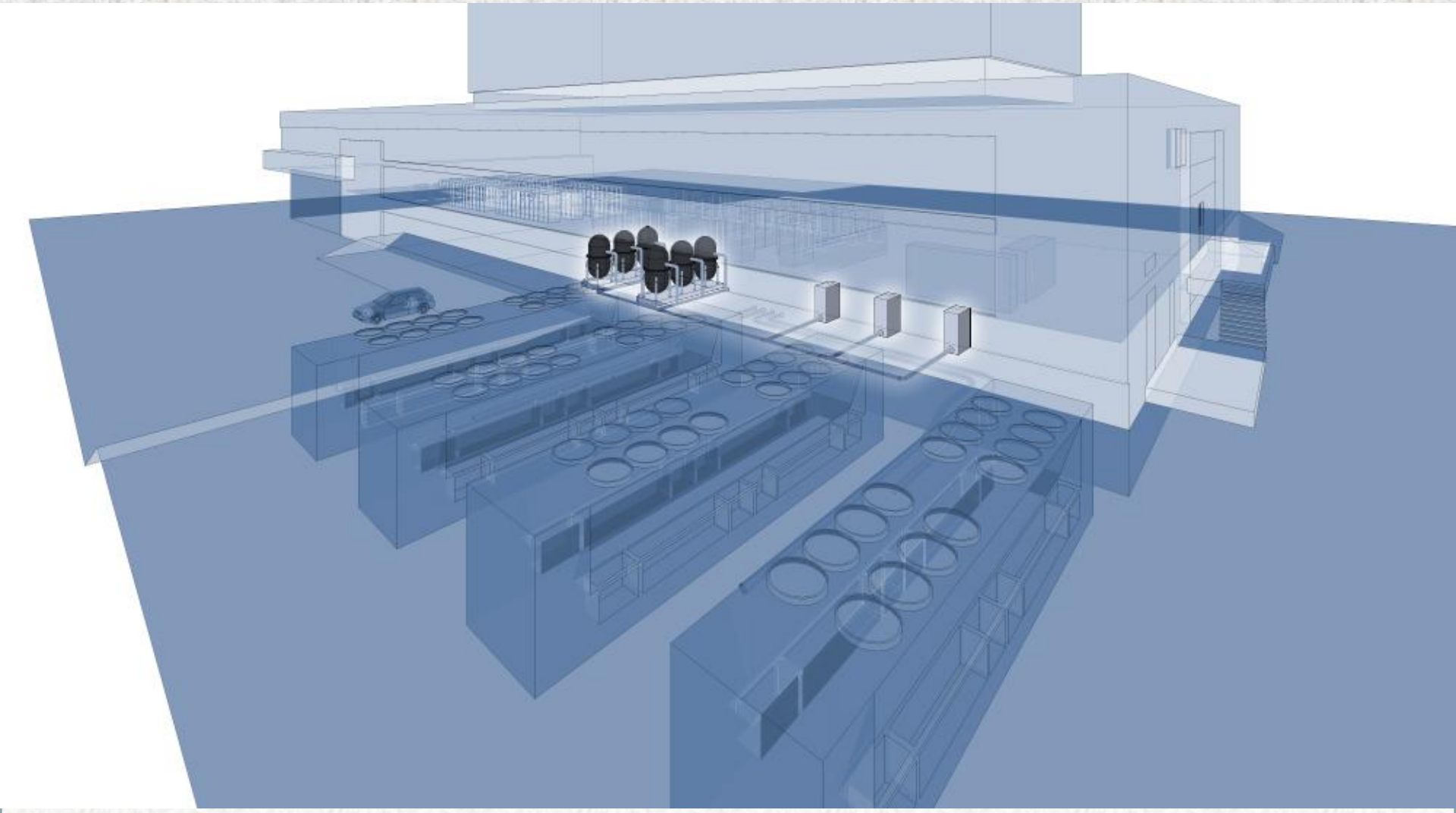
Суперкомпьютер «Ломоносов»



Суперкомпьютер «Ломоносов»

Суперкомпьютер «Ломоносов»

Суперкомпьютер «Ломоносов»



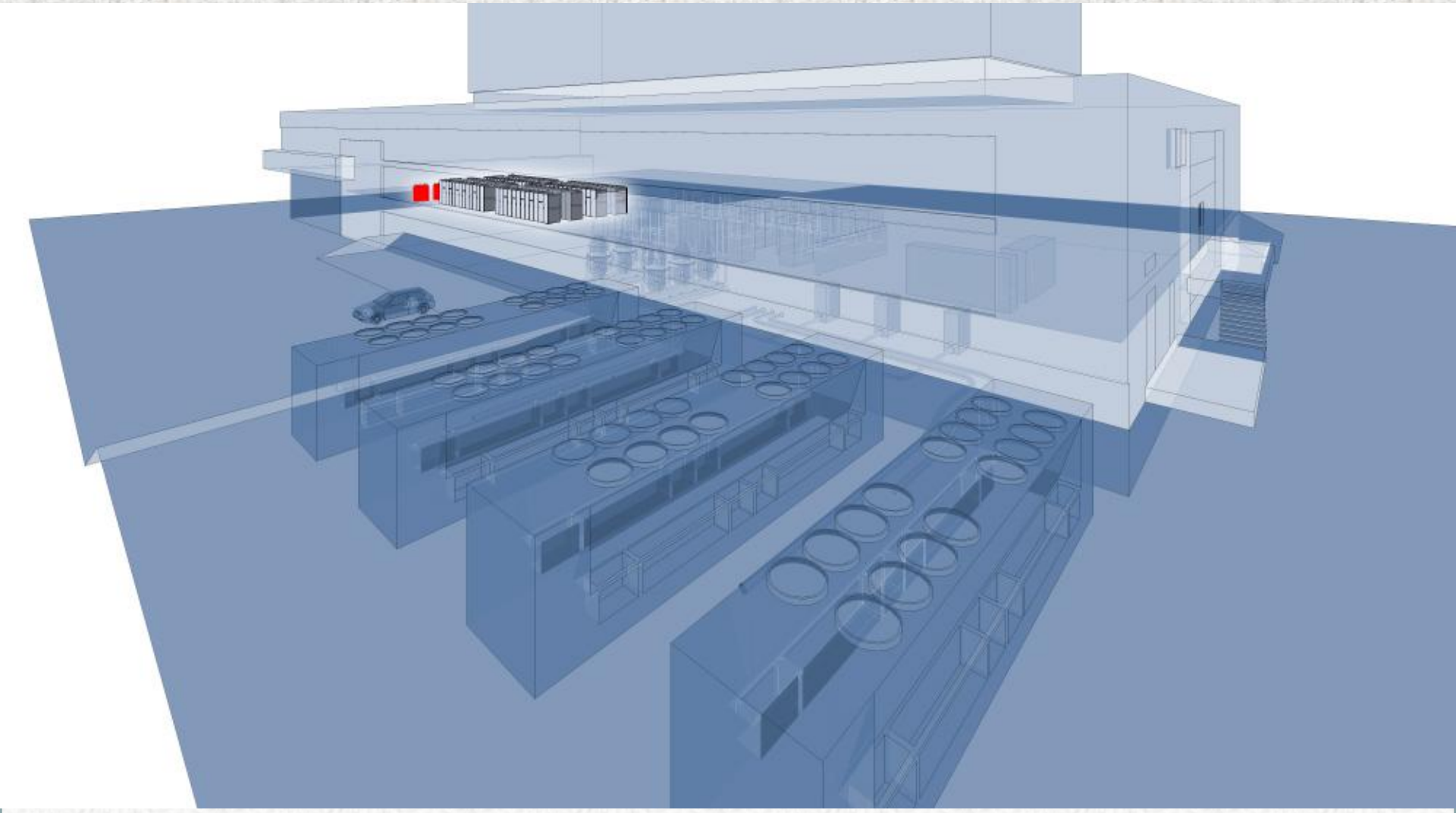
Суперкомпьютер «Ломоносов»

Суперкомпьютер «Ломоносов»

Суперкомпьютер «Ломоносов»

Суперкомпьютер «Ломоносов»

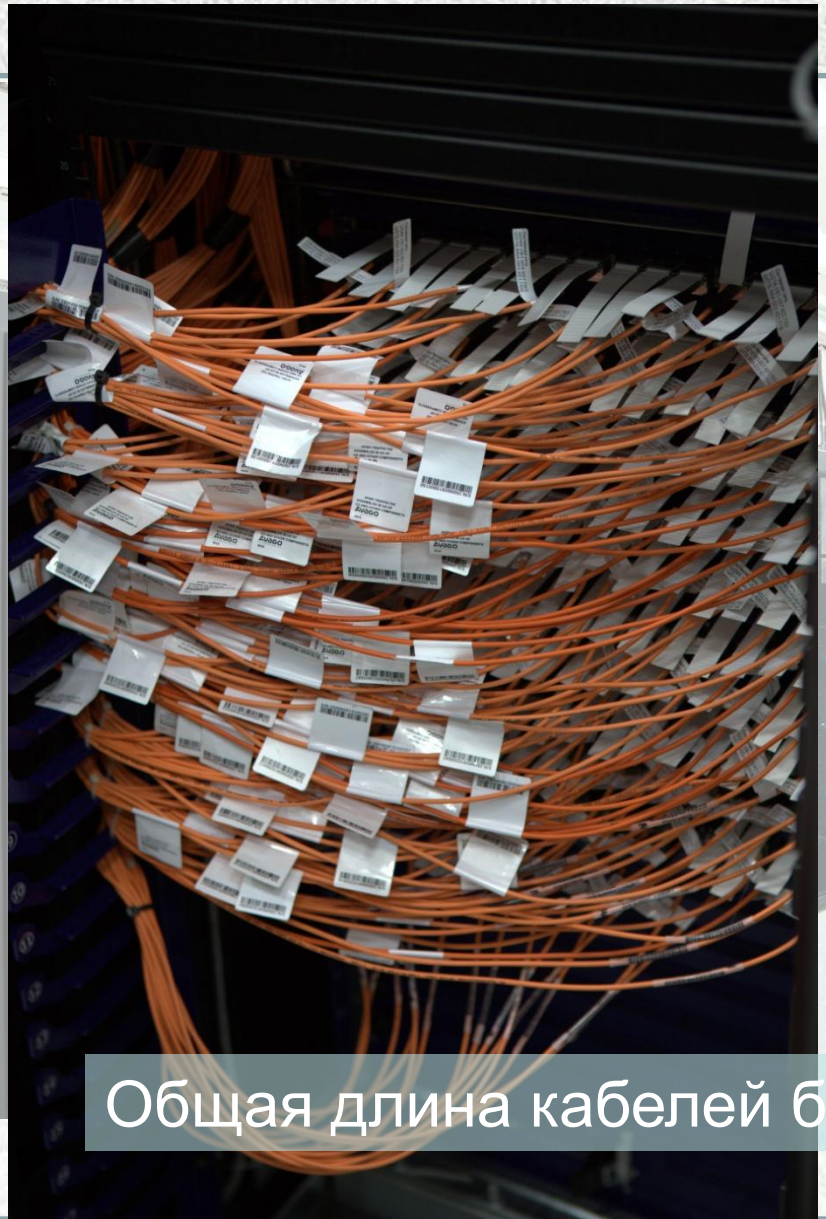
Суперкомпьютер «Ломоносов»

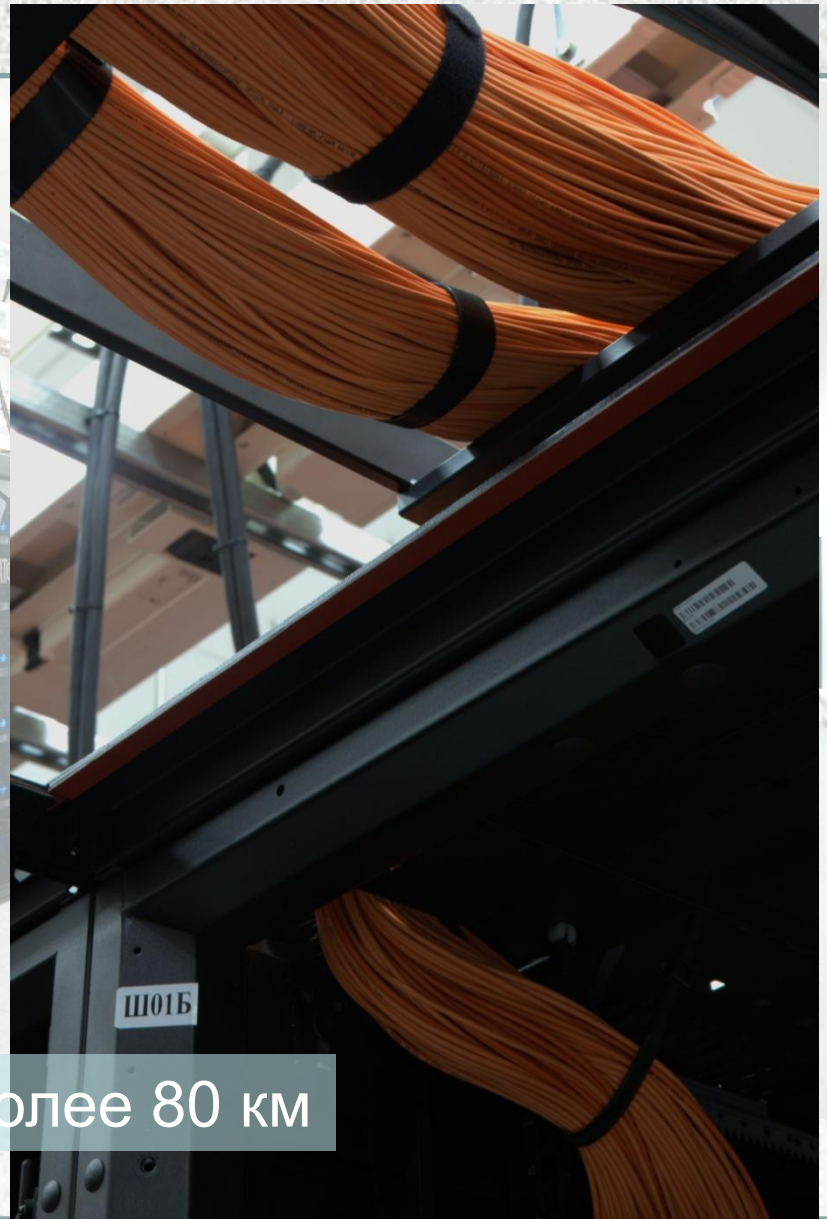


Суперкомпьютер «Ломоносов»

Вес оборудования машзала – 57 т, СБЭ – 92 т

Суперкомпьютер «Ломоносов»

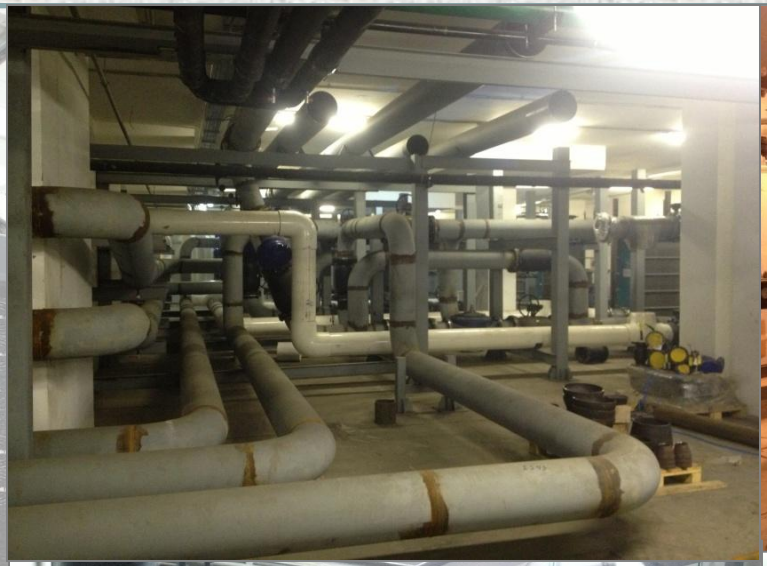




Общая длина кабелей более 80 км

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)

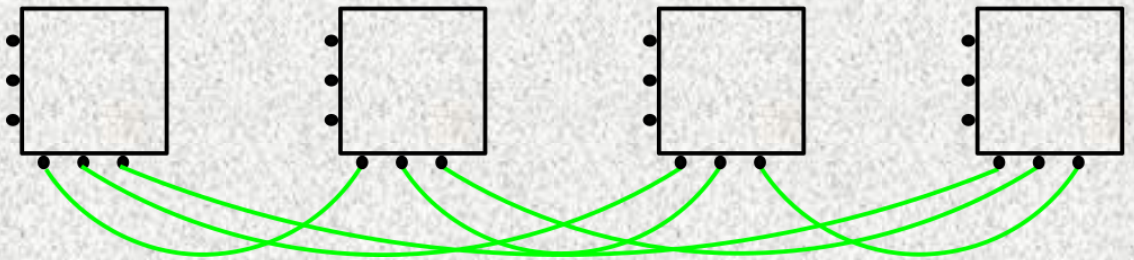
Суперкомпьютер «Ломоносов-2»

Пиковая производительность	5 505 TFlop/s
Производительность (Linpack)	2 478 TFlop/s
Эффективность	50%
Вычислительных узлов	1 722
Центральное 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

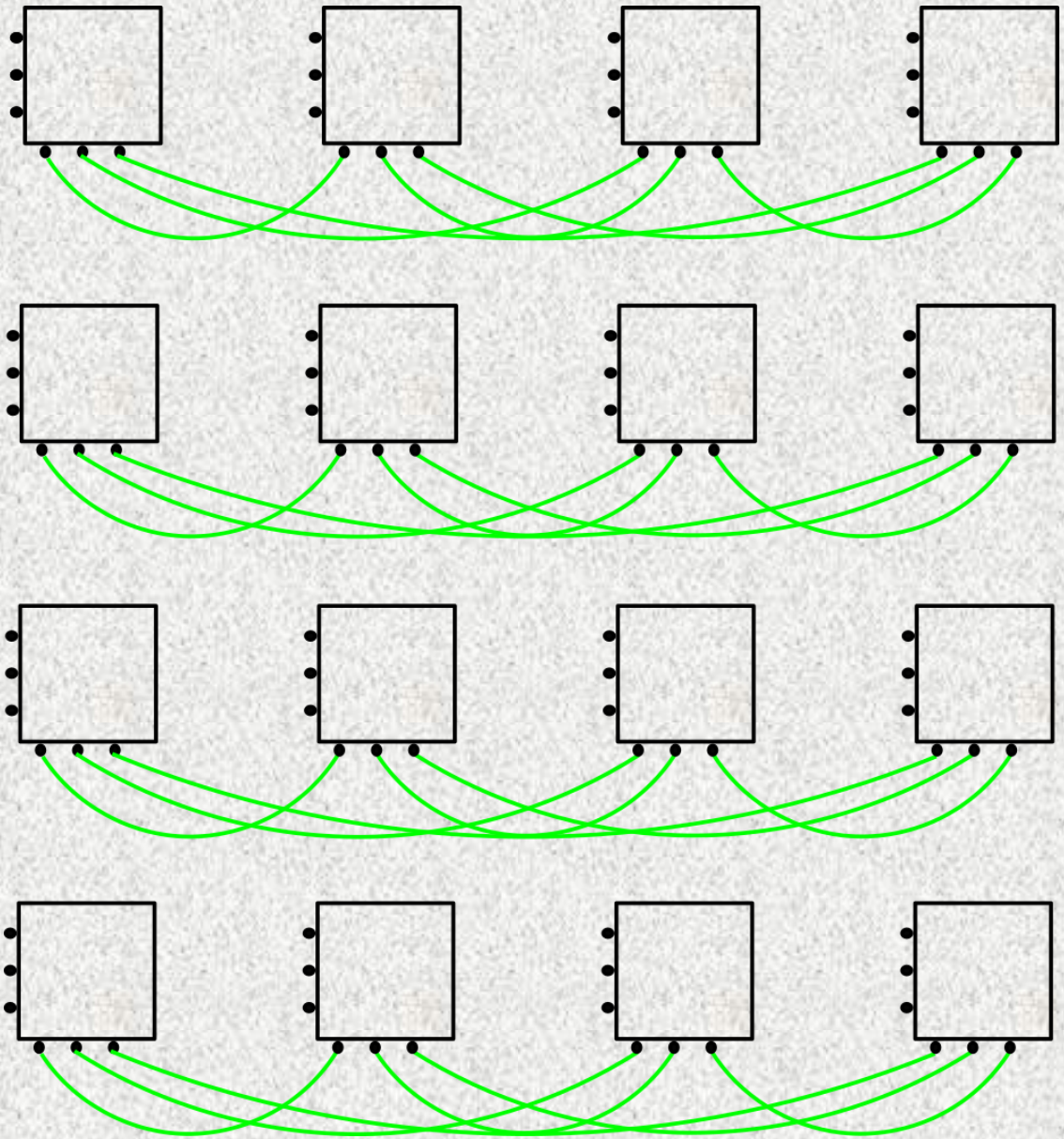
Вычислительная сеть суперкомпьютера «Ломоносов-2»

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

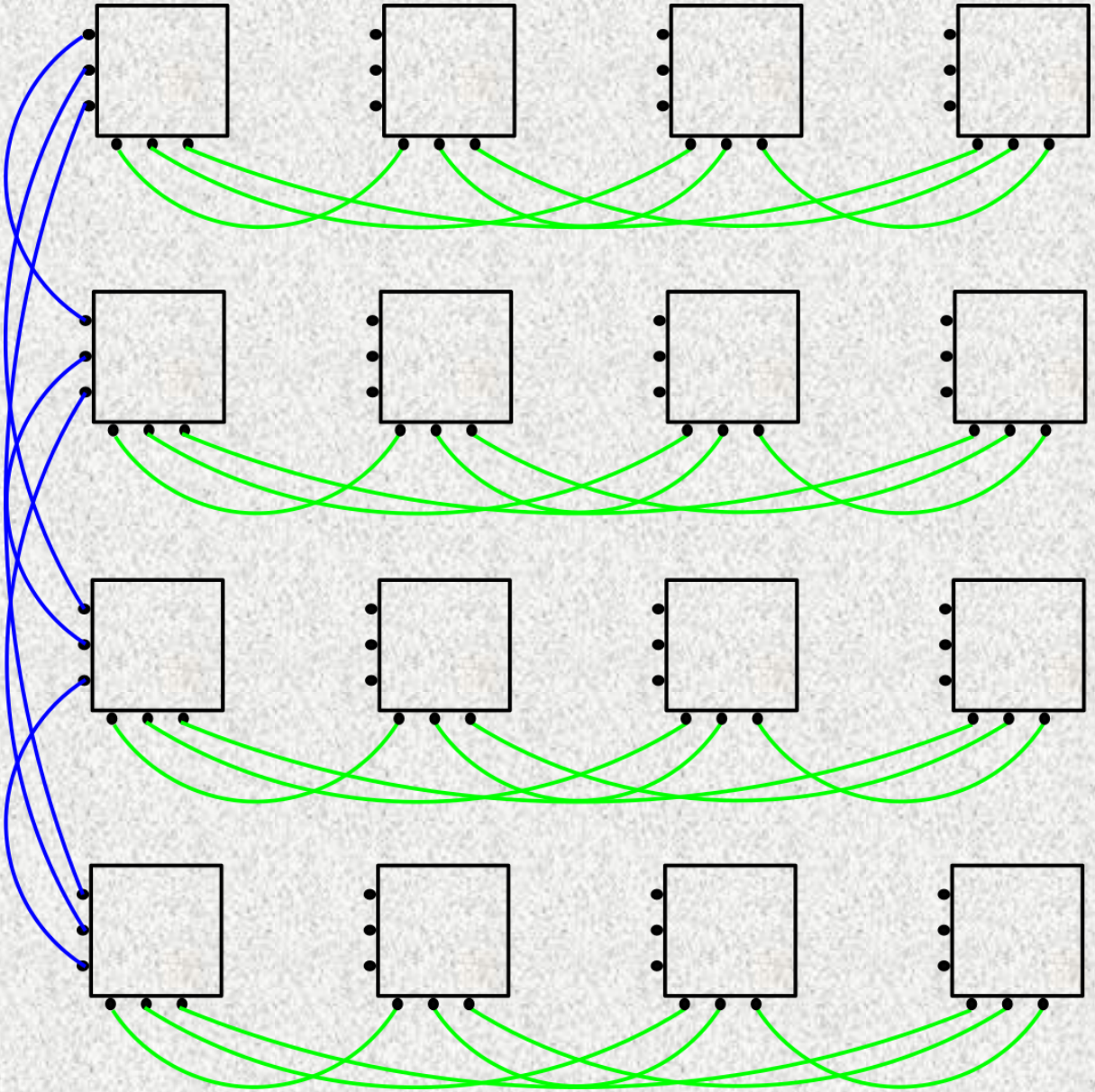
Топология Flattened Butterfly 1-D



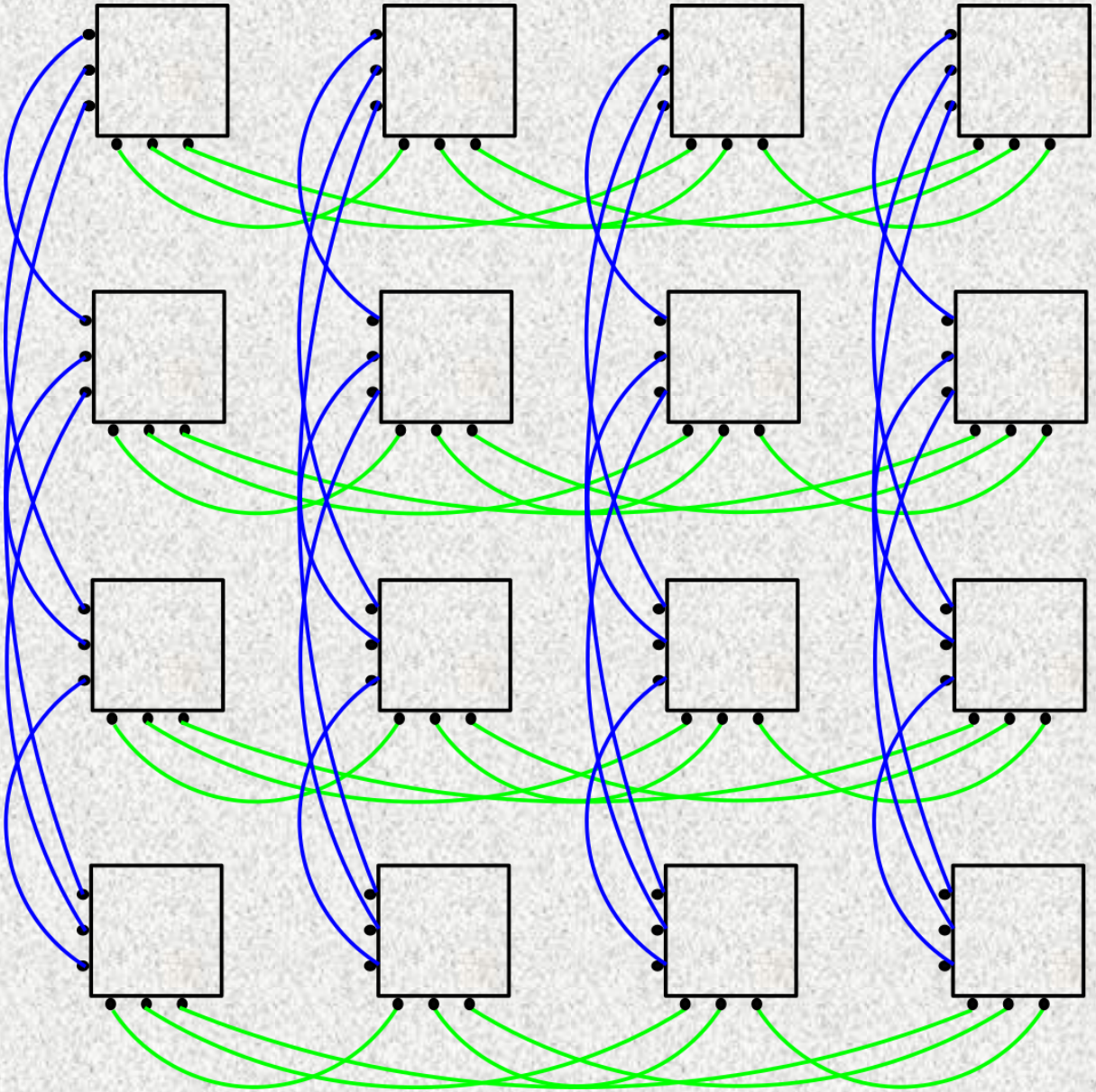
Топология Flattened Butterfly 2-D: добавляем узлы



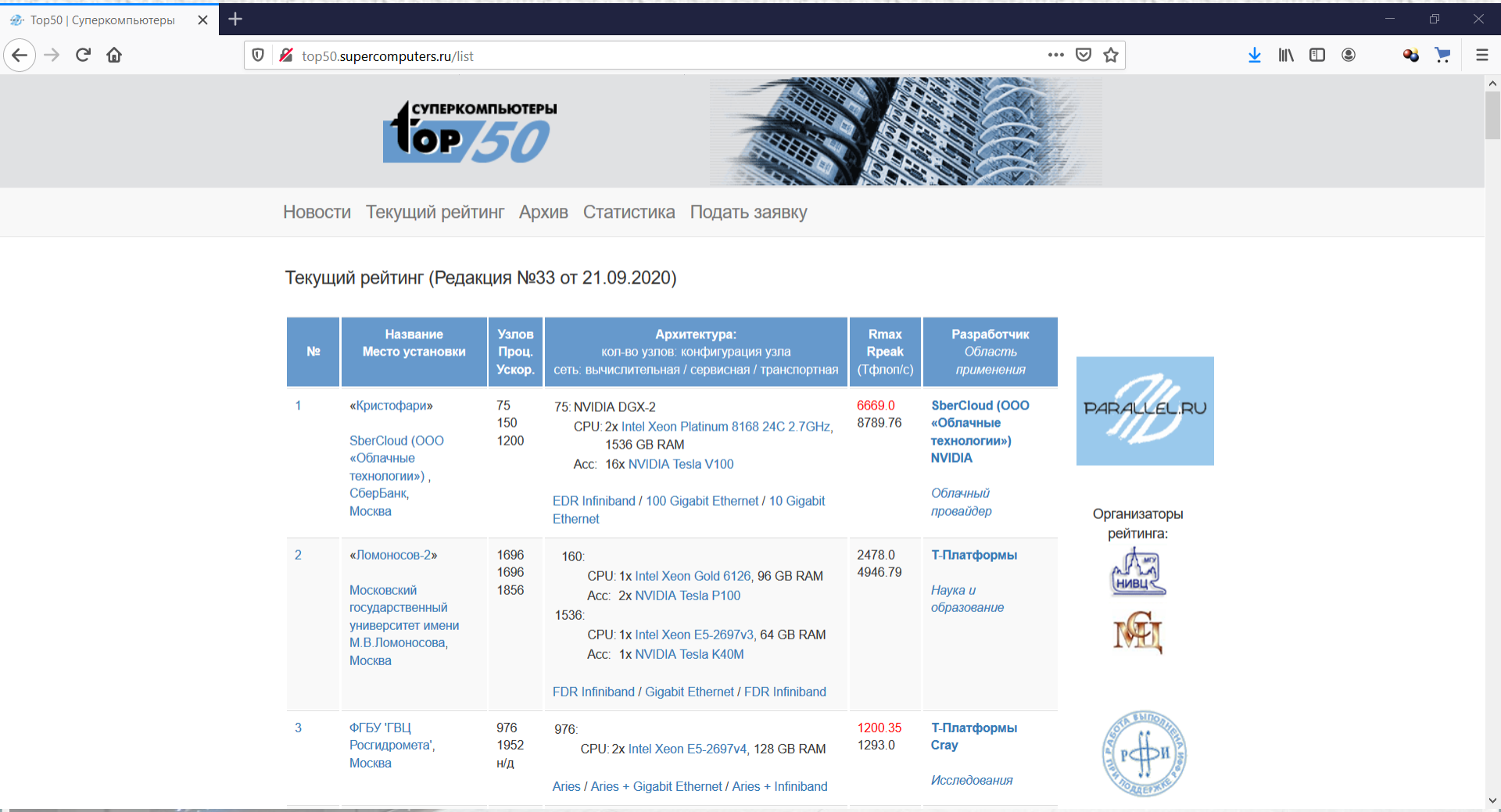
Топология Flattened Butterfly 2-D: связи по одной координате



Топология Flattened Butterfly 2-D: все связи



Суперкомпьютеры МГУ в списке Top50 самых мощных суперкомпьютеров СНГ



«Ломоносов-2» - 2 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
Июнь 2020 г.	1.7 PFlop/s	-

«Ломоносов-2»

Дата	Производительность	Место
Ноябрь 2014 г.	2.6 PFlop/s	22
Июнь 2020 г.	4.9 PFlop/s	130

«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»)

http://top500.org

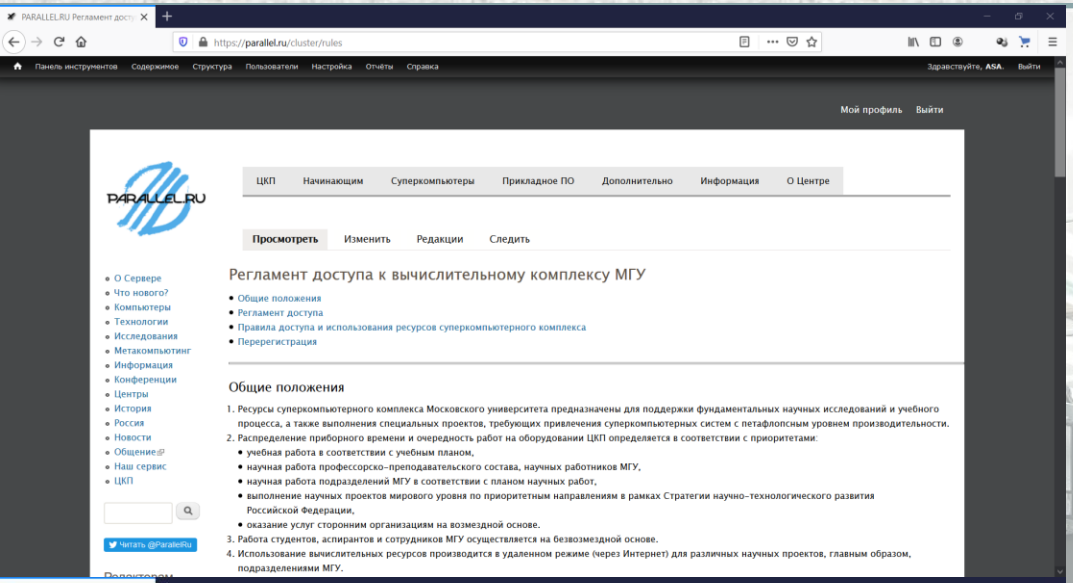
Суперкомпьютер «Ломоносов-2» - основной вычислительный комплекс России

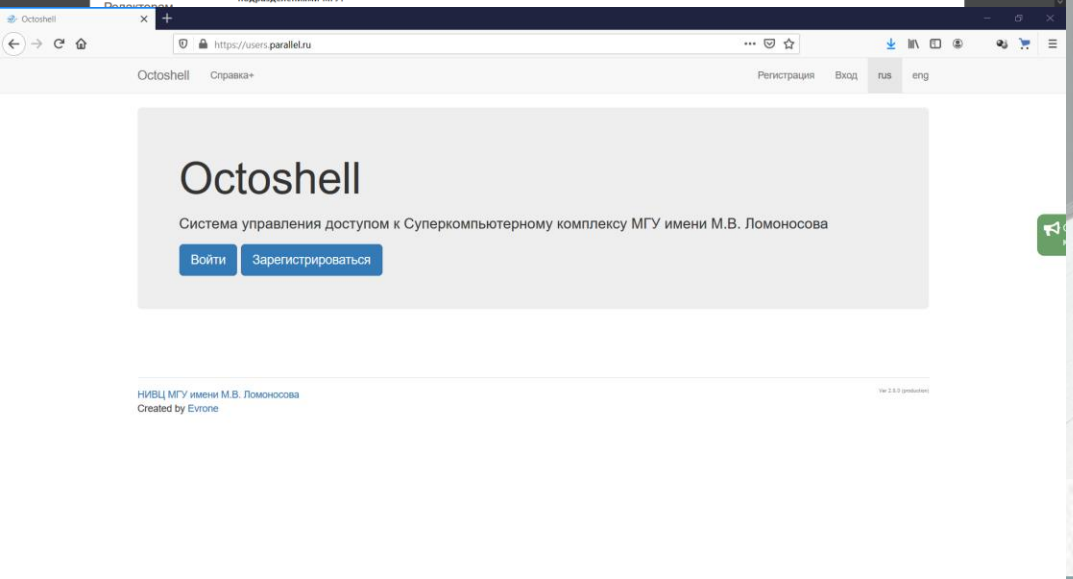
Распределение приложений пользователей по областям науки

- ✓ ***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





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@inm.ras.ru, http://www.inm.ras.ru
ОКПО 04742320, ОГРН 1027700542363
ИНН/КПП 7736060033/773601001

06.10.2008 № 10256/225
на № _____ от _____

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

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.

Суперкомпьютер «Ломоносов»

Виртуальная экскурсия по суперкомпьютеру «Ломоносов»:
http://lom1.virtual-hpc.parallel.ru

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

СУПЕРКОМПЬЮТЕРЫ И ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ (лекция 6)

А.С.Антонов

Вед. н.с. НИВЦ МГУ, к.ф.-м.н.

asa@parallel.ru

ВМК МГУ, 2020