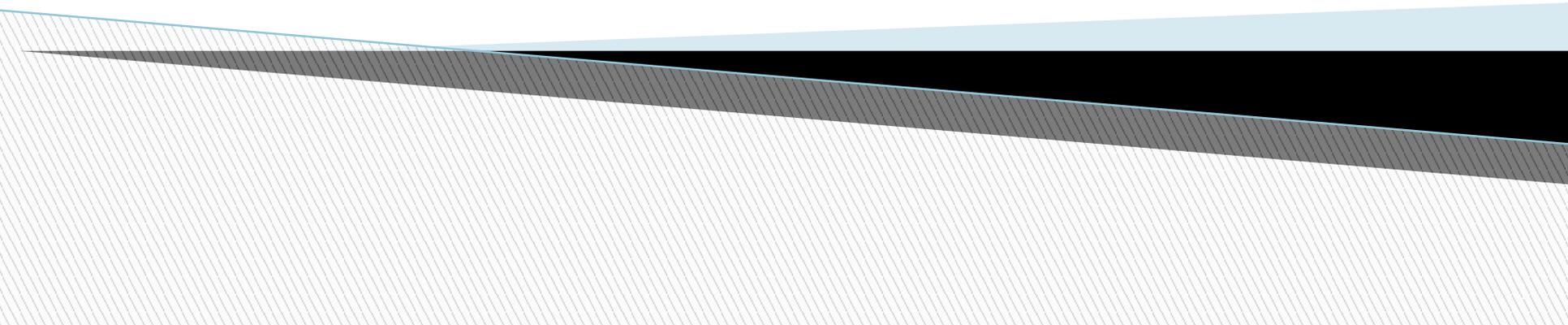


Различные варианты построения систем прецизионного кондиционирования для современных ЦОД. Основные преимущества и недостатки используемых решений .

Распределение воздуха



Техническое задание

Таблица потребляемых мощностей ЦОД

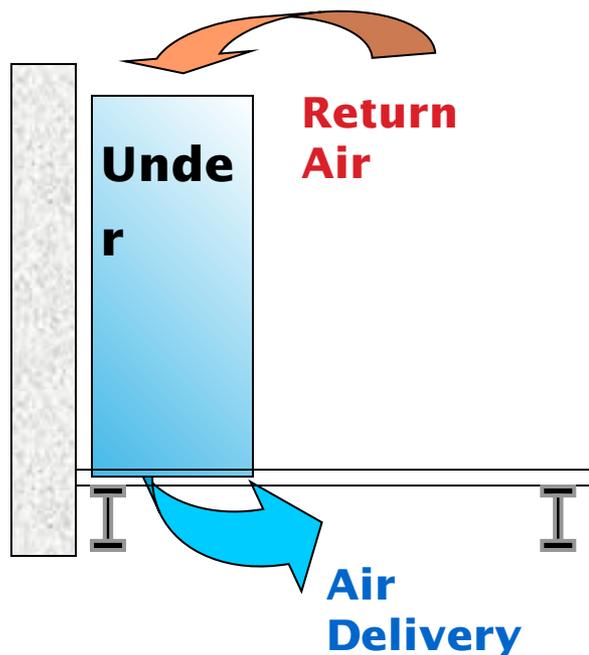
Наименование	Обозначение	Кол-во	Потр. мощность VA	**Тепловыделение ,Вт	Тепловыделения расчетн.,кВт
SD	Сервер HP SuperDome	12	15840	8500	102
Прф	Шкаф с периферией	6	11400	11400	68,4
XP12000-DKC	Дисковый массив XP12000-DKC	4	9108	8000	32
XP12000-DKU	Дисковый массив XP12000-DKU	16	13200	6750	108
XP1024-DKC	Дисковый массив XP1024-DKC	1	4700	2940	2,94
XP1024-DKU	Дисковый массив XP1024-DKU	1	13600	6400	6,4
ESL	Библиотека EML	3	1000	1000	3
LAN	Шкаф сетевой/серверный	12	3000	3000	36
FC	Шкаф сетевой/серверный	2	3000	3000	6
SERVER*	Шкаф сетевой/серверный	29	9100	9100	264
					625,74**

Техническое задание

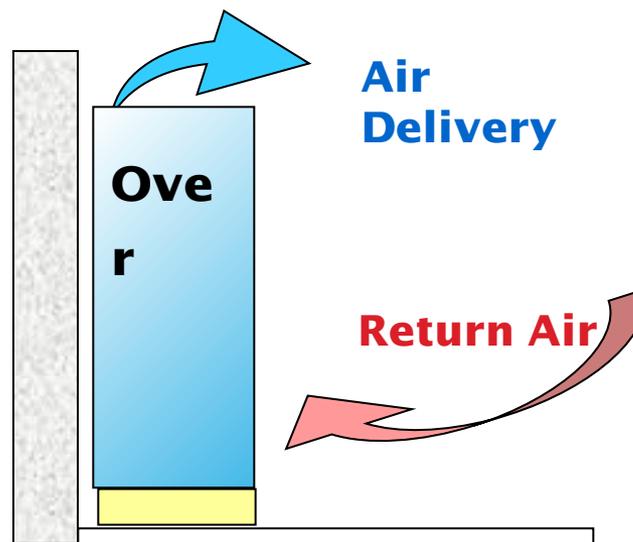
Обозн	Потр. мощность, кВт	Кол-во	Сумм. мощн., кВт	Тип питания	Габариты (ШхГ)	Забор воздуха	Выдув воздуха	Примечания (срок ввода)
SD	9.7kW	3	29.1	380V	762x1220	Спереди	Вверх	Воздухозабор с передней двери и нижней части задней двери. Выхлоп вверх
XP12 К	8kW	2	16	380V	950x1110	Спереди, сзади	Вверх	Воздухозабор с передней и задней двери. Выхлоп вверх
Add	5kW	3	15	220V	600x800	Спереди	Назад, вверх	Воздухозабор с передней двери. Выхлоп назад и вверх
EVA	5kW	1	5	220V	600x800	Спереди	Назад	Воздухозабор с передней двери. Выхлоп назад.
SD	9.7kW	1	5	380V	762x1220	Спереди	Назад	Воздухозабор с передней двери и нижней части задней двери. Выхлоп вверх
XP12 К	8kW	1	8	380V	950x1110	Спереди, сзади	Вверх	Воздухозабор с передней и задней двери. Выхлоп вверх
Add	5kW	1		220V	600x800	Спереди	Назад, вверх	Воздухозабор с передней двери. Выхлоп назад и вверх
EML	3kW	1	3kW	220V	600x800	Спереди	Назад	Воздухозабор с передней двери. Выхлоп назад.

Традиционные схемы раздачи воздуха:

Кондиционеры с нижней и верхней подачей

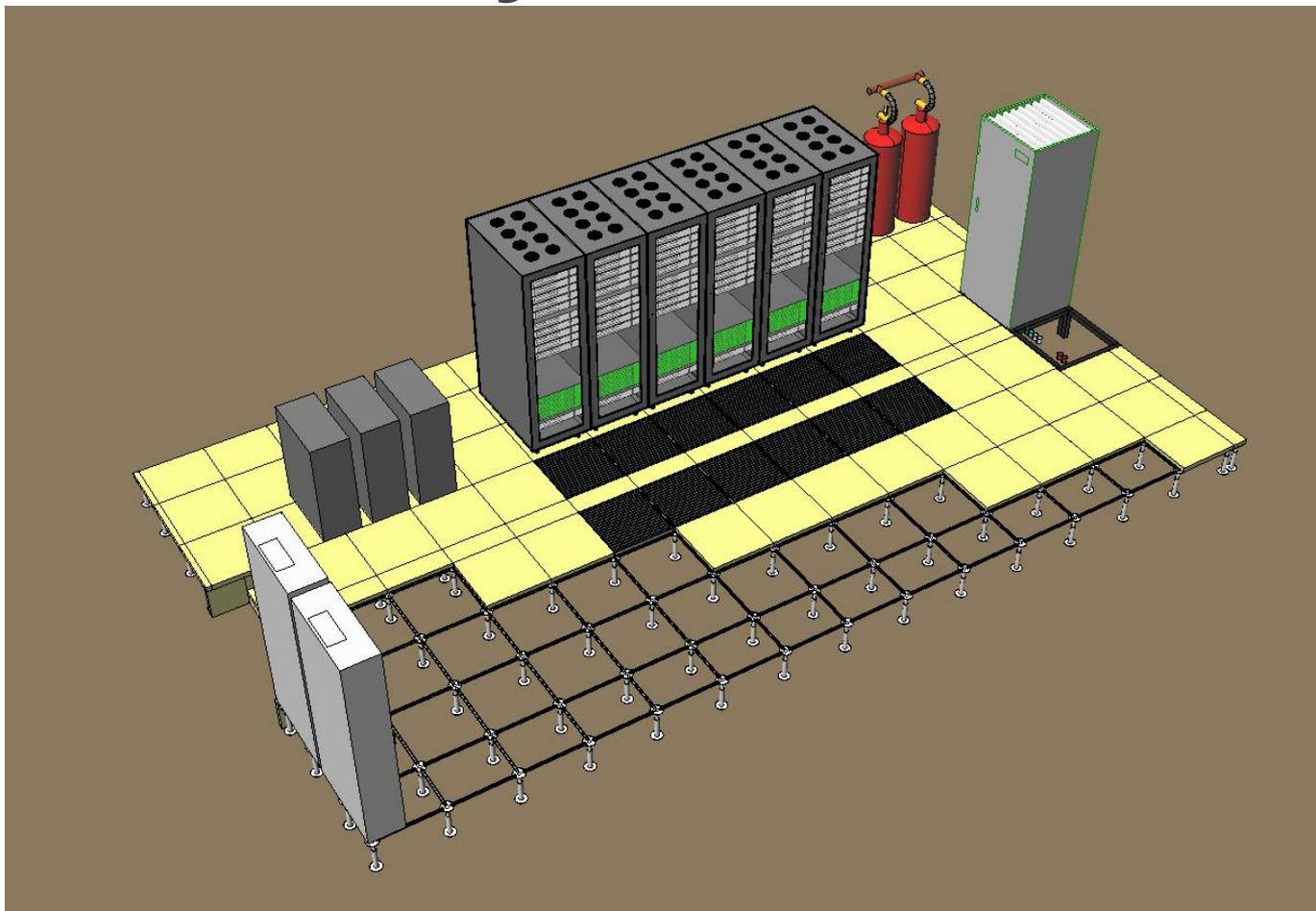


- Большие помещения с тепловыделениями ($< 1500 \text{ Вт/м}^2$)
- Подача воздуха под фальшпол
- Забор воздуха с верхней зоны
- Применяется более чем в 50% помещений ЦОД



- Средние помещения с тепловыделением ($< 500 \text{ Вт/м}^2$)
- Раздача воздуха через фронтальный пленум или сеть воздуховодов.
- Забор воздуха с фронта
- Применяется более чем в 30% помещений ЦОД

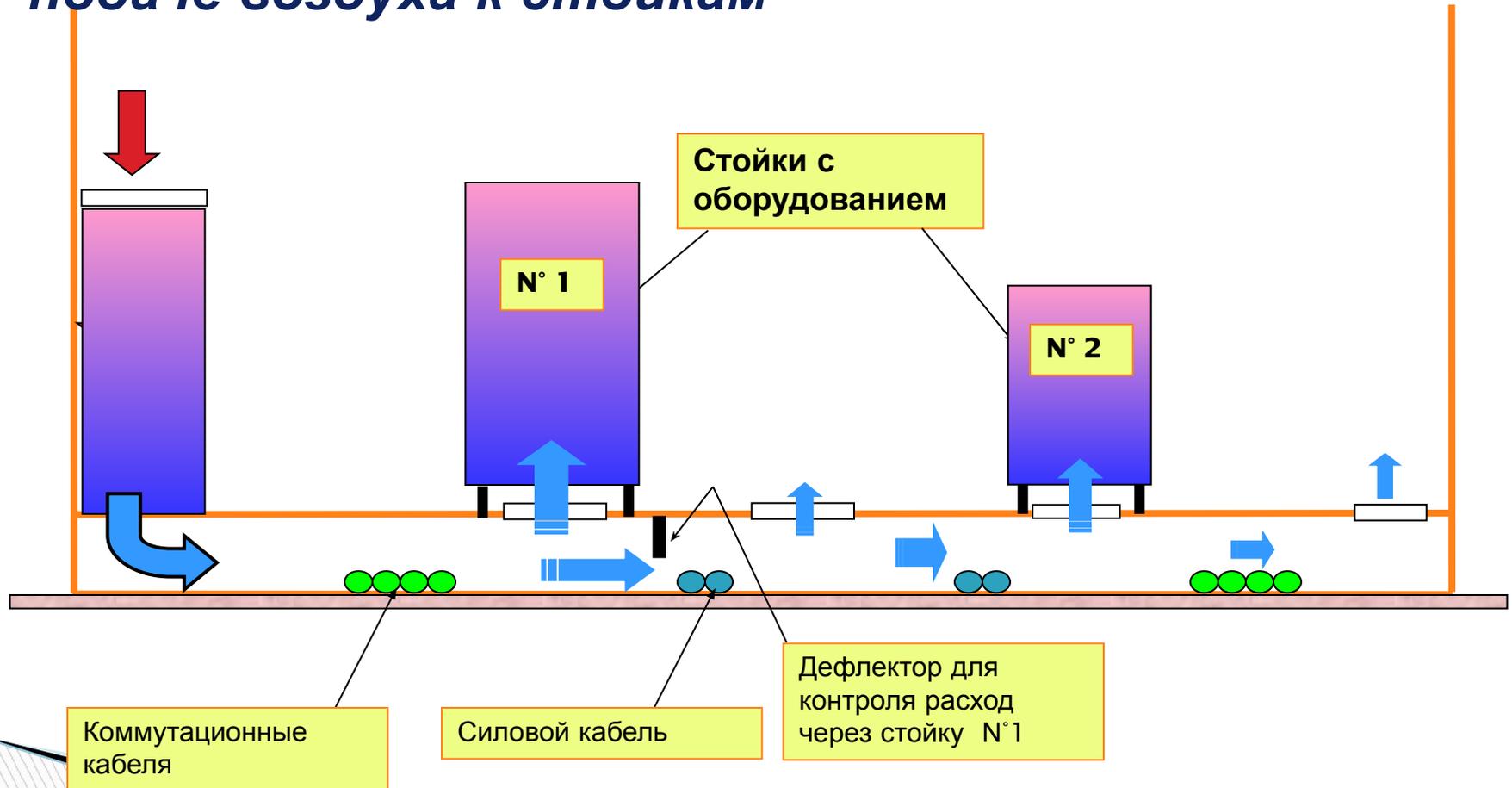
Кондиционеры с нижней подачей воздуха



$V = L / (3600 \times F)$ – м/сек
 L – расход воздуха м³/час
 F – площадь сечения – м²

Распределение воздуха в зоне фальшпола

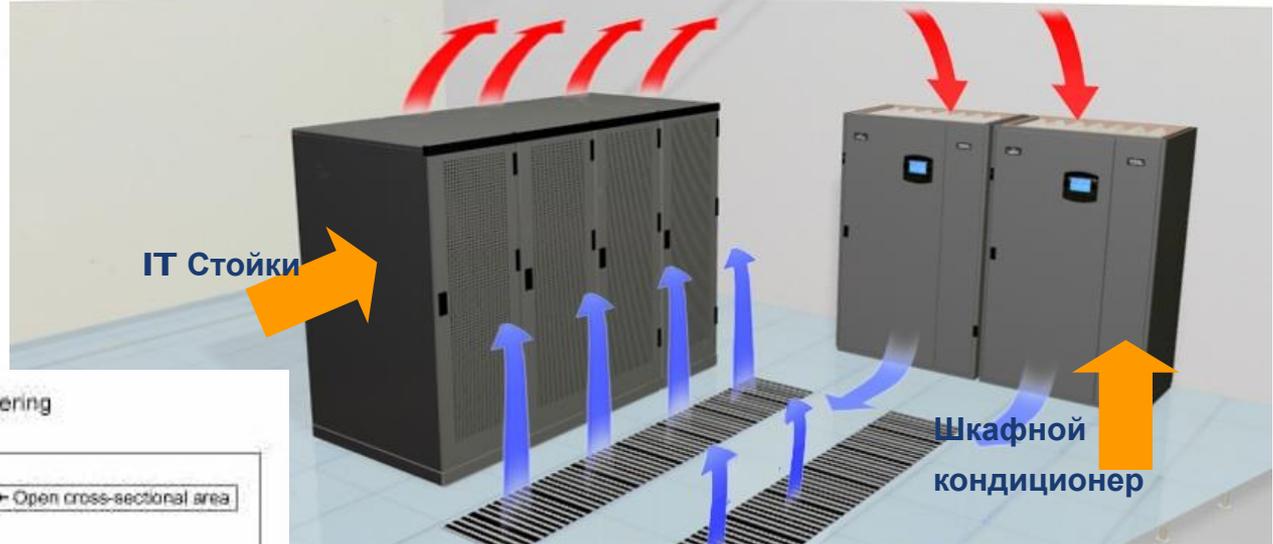
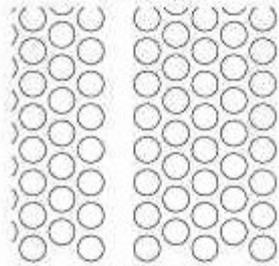
Основные проблемы возникающие при подаче воздуха к стойкам



Распределение воздуха через панели

- Прецизионные кондиционеры с нижней подачей воздуха
 - До 5 кВт на стойку
 - Контроль температуры и влажности
 - Во

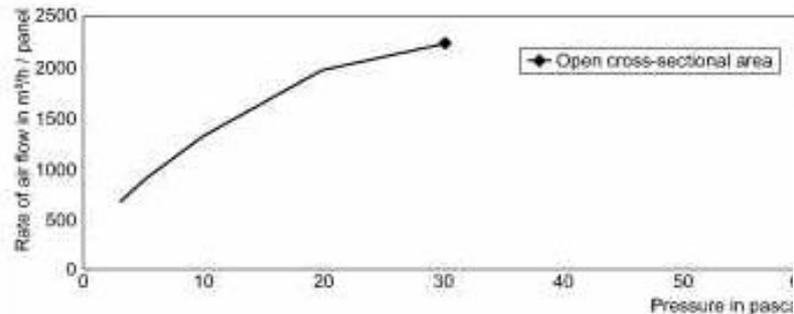
Fig. 23 The Ventec S 36 R 28 with 12-mm diameter of perforation



IT Стойки

Шкафной кондиционер

Fig. 24 The Ventec S 36 R 38 without floor covering



$$N^{\circ} \text{ решеток} = (G_{\text{конд.}} - G_{\text{обор.}}) : (G_{\text{решетка}})$$

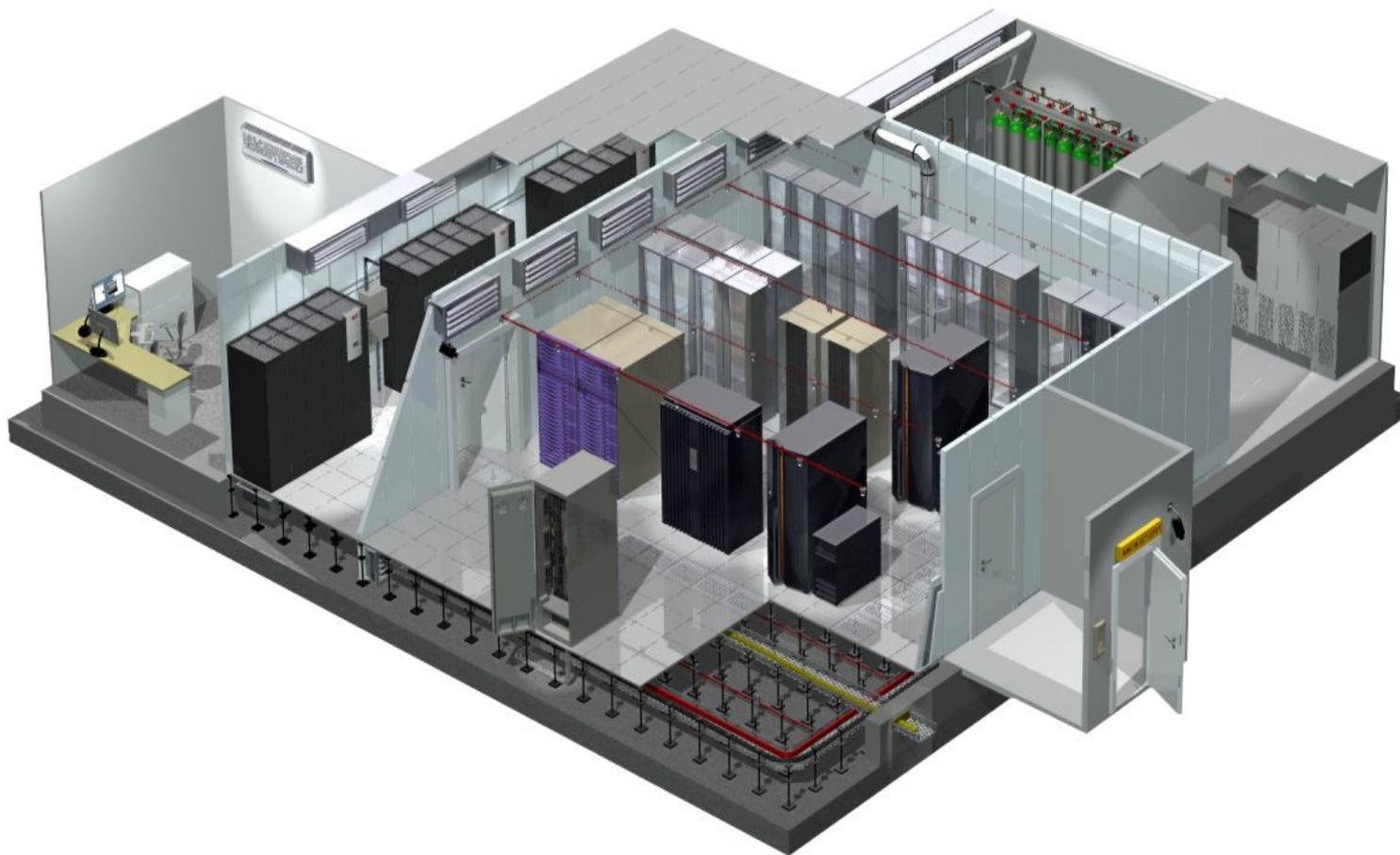
где:

G конд. - номинальный расход воздуха ($\text{m}^3/\text{ч}$) через кондиционеры

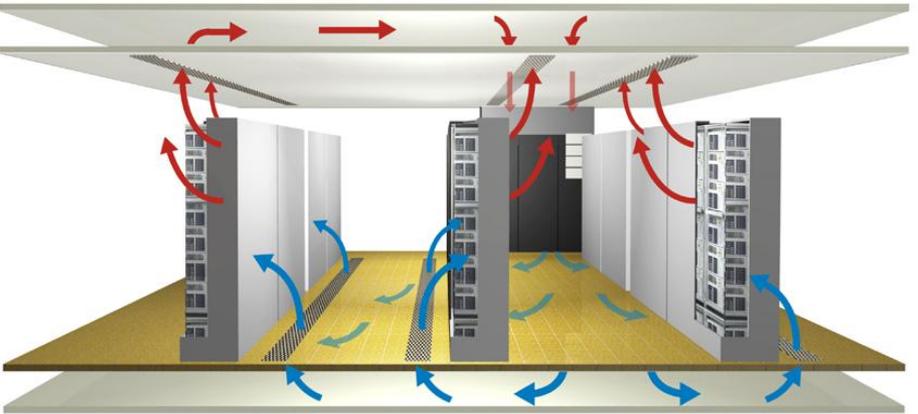
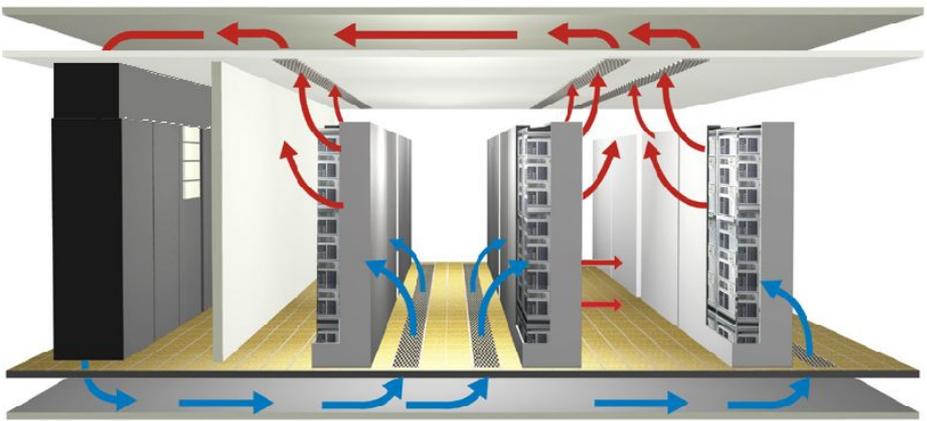
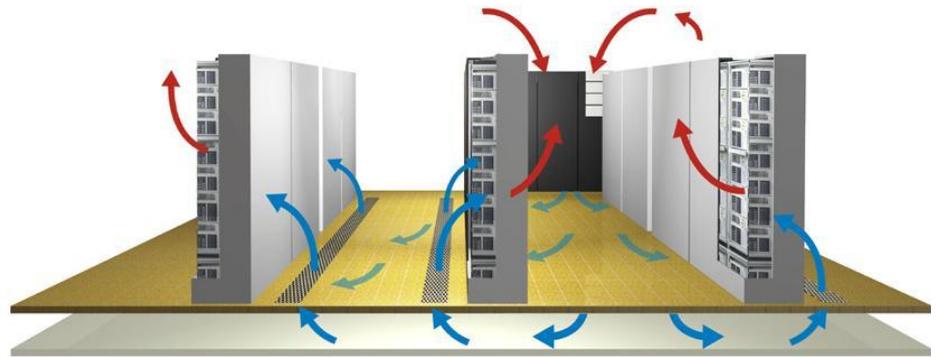
G обор. - расход воздуха подающейся непосредственно в стойку

G решетка - номинальный расход воздуха через одну решетку при расчетном давлении (см. график)

Кондиционирование воздуха в ЦОДах – „вчера“?

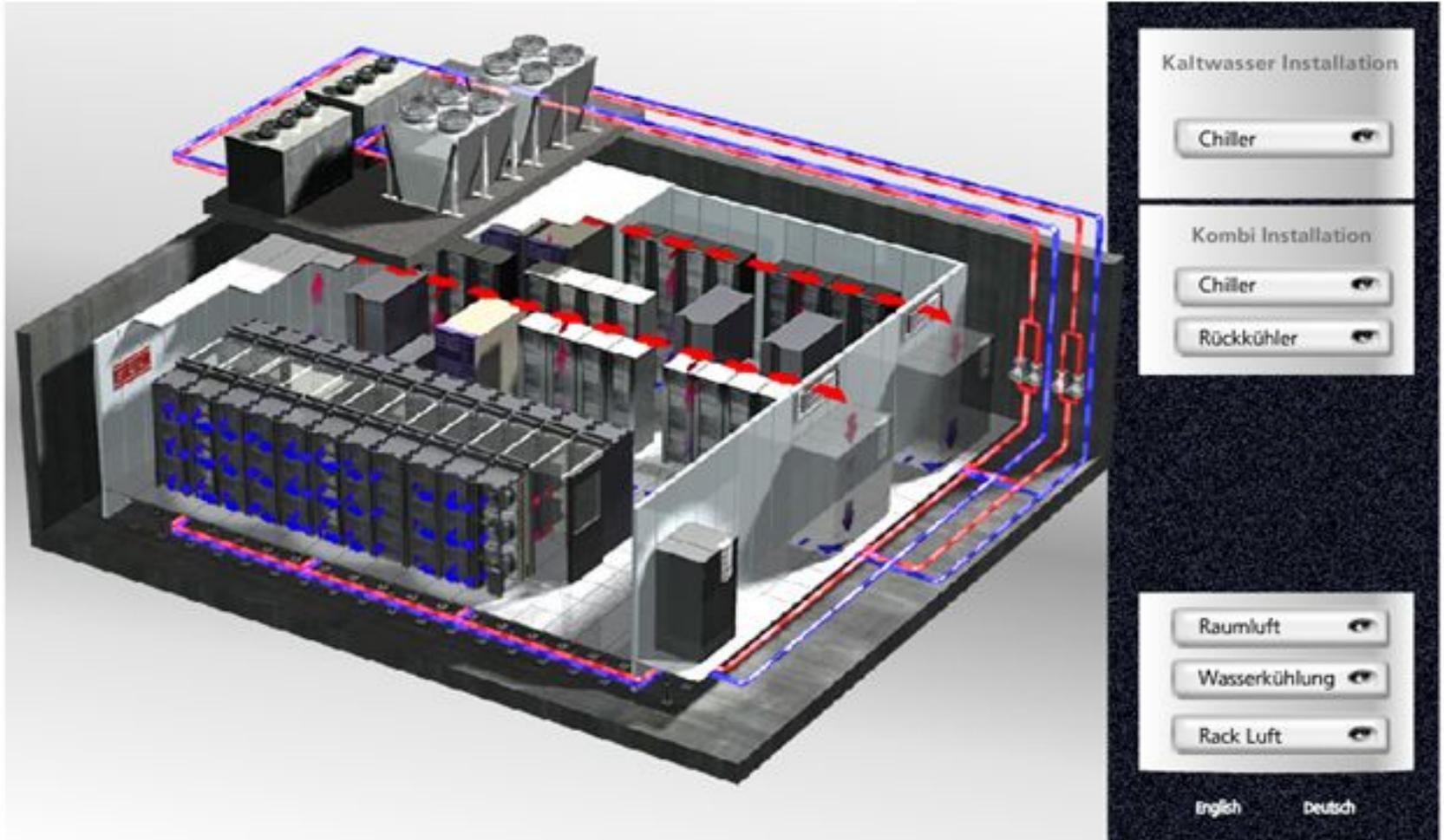


Сегодняшняя цель: концепция чередующегося охлаждения проходов



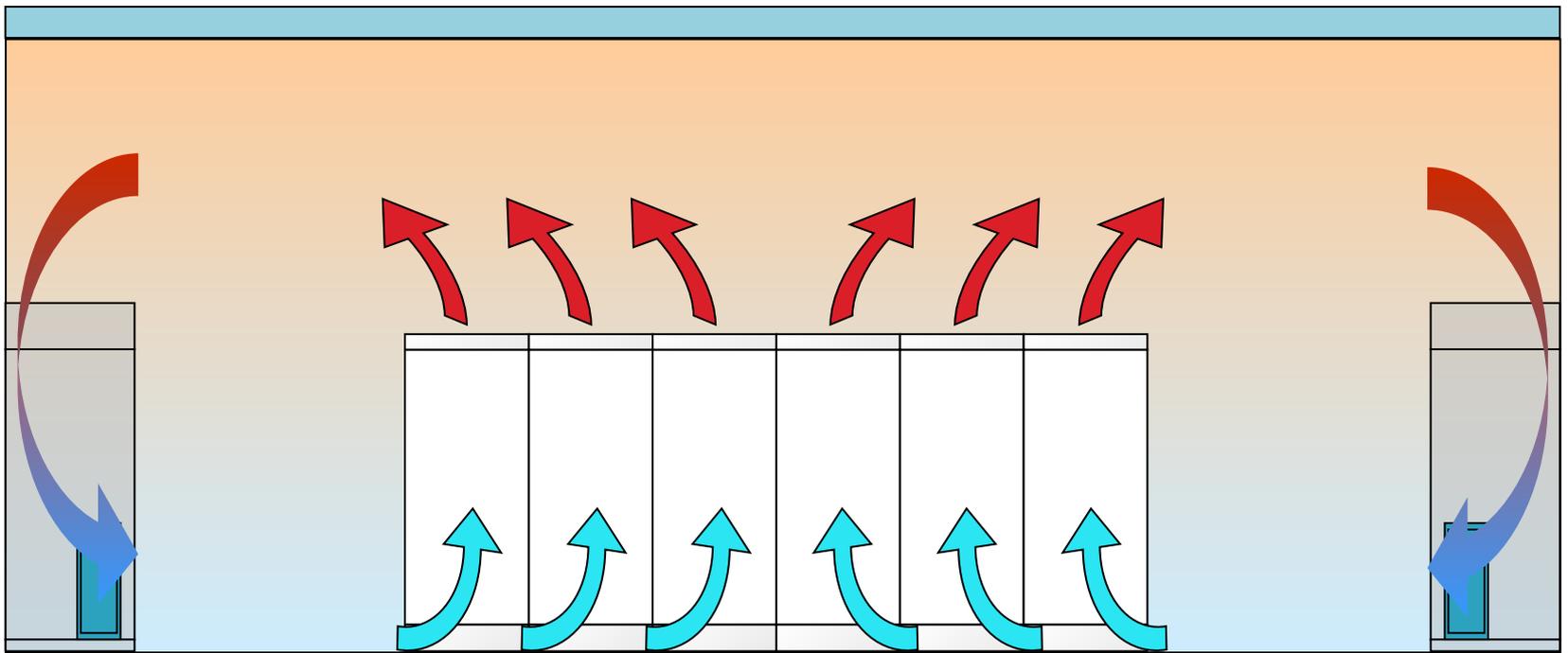
⇒ с разделением холодного и
теплого (обратного) воздуха

...ряды стоек совмещаются/чередуются с другим IT-оборудованием



Кондиционеры с подачей воздуха методом вытеснения

- ❑ Охлажденный воздух подается на уровне земли и на низкой скорости
- ❑ Естественная конвекция снизу вверх помещения
- ❑ У стоек забор воздуха осуществляется с фронта



Применяется при отсутствии фальшпола или при недостаточной высоте фальшпола для оптимального распределения воздуха

НРМ S - М - Вытеснение

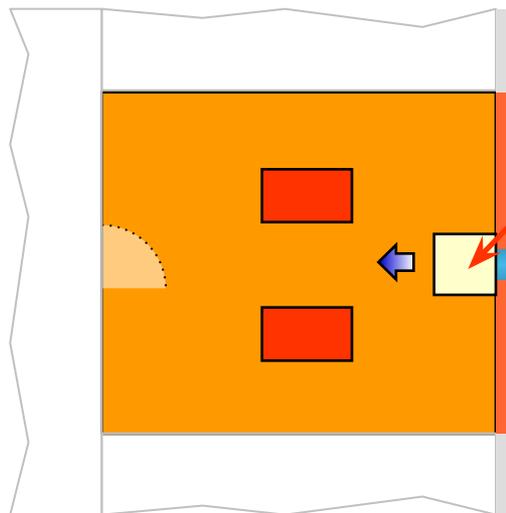


- Более высокий EER
- Не нужен фальш-пол
- Низкая скорость вращения вентилятора

Установка



HPM S_D

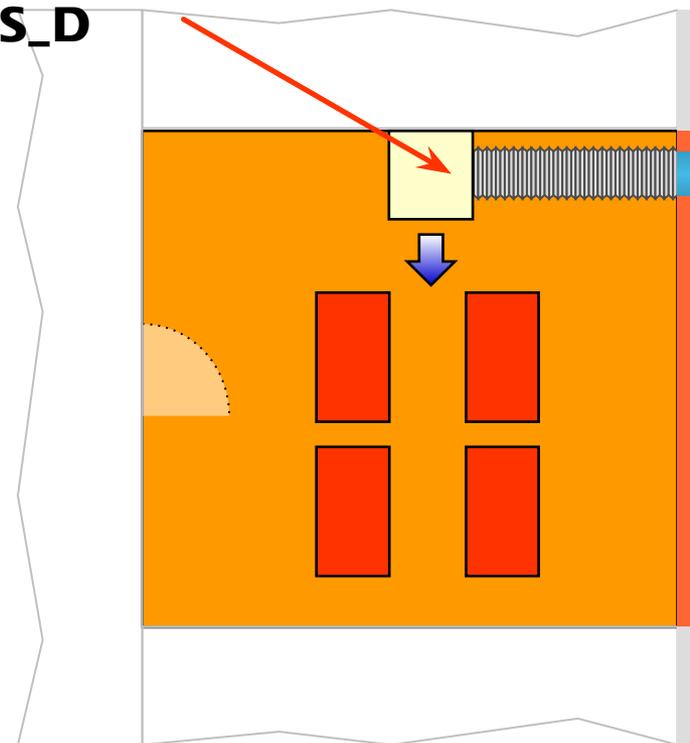


HPM
S_D

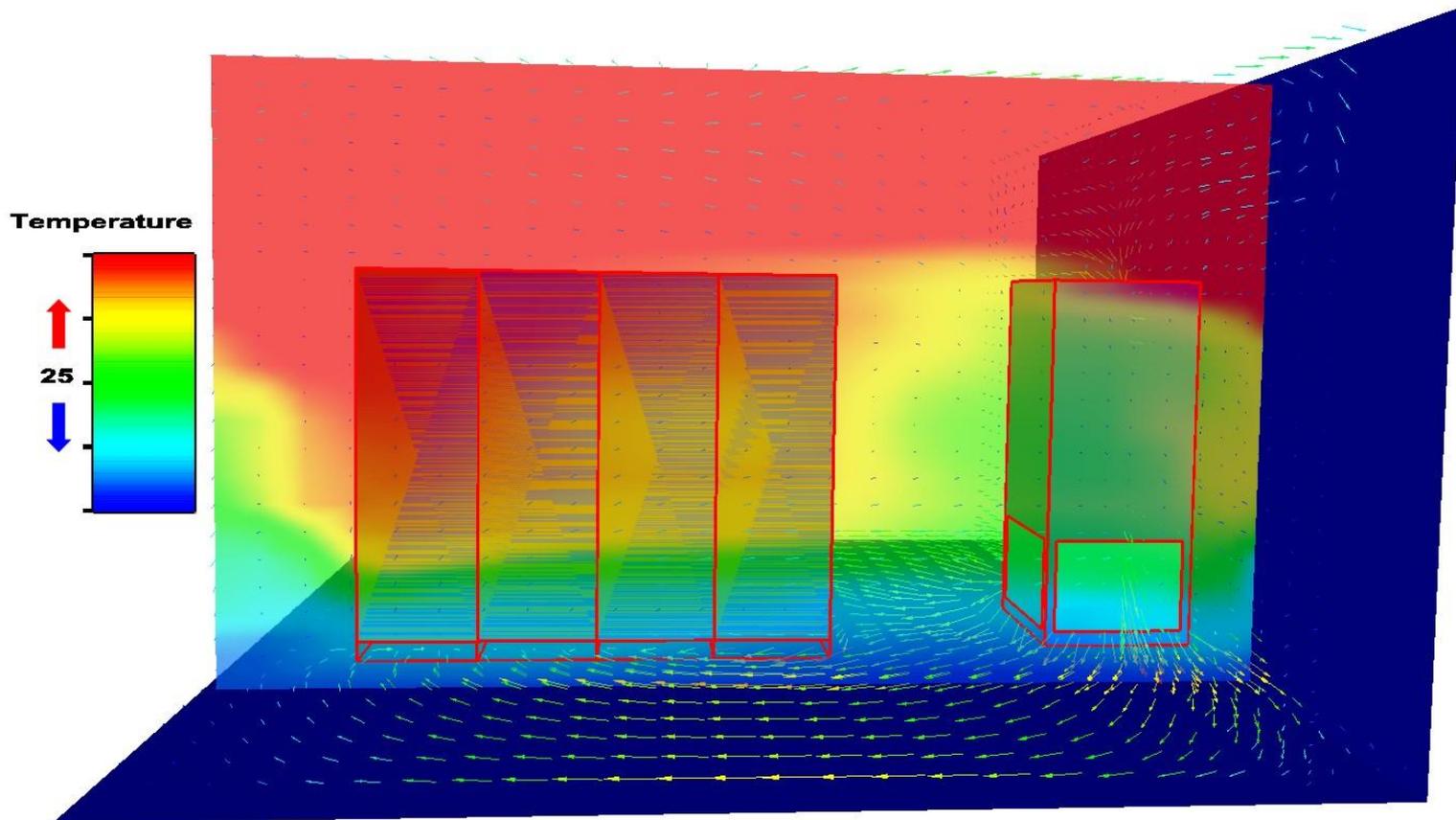
Установка напротив
холодного коридора



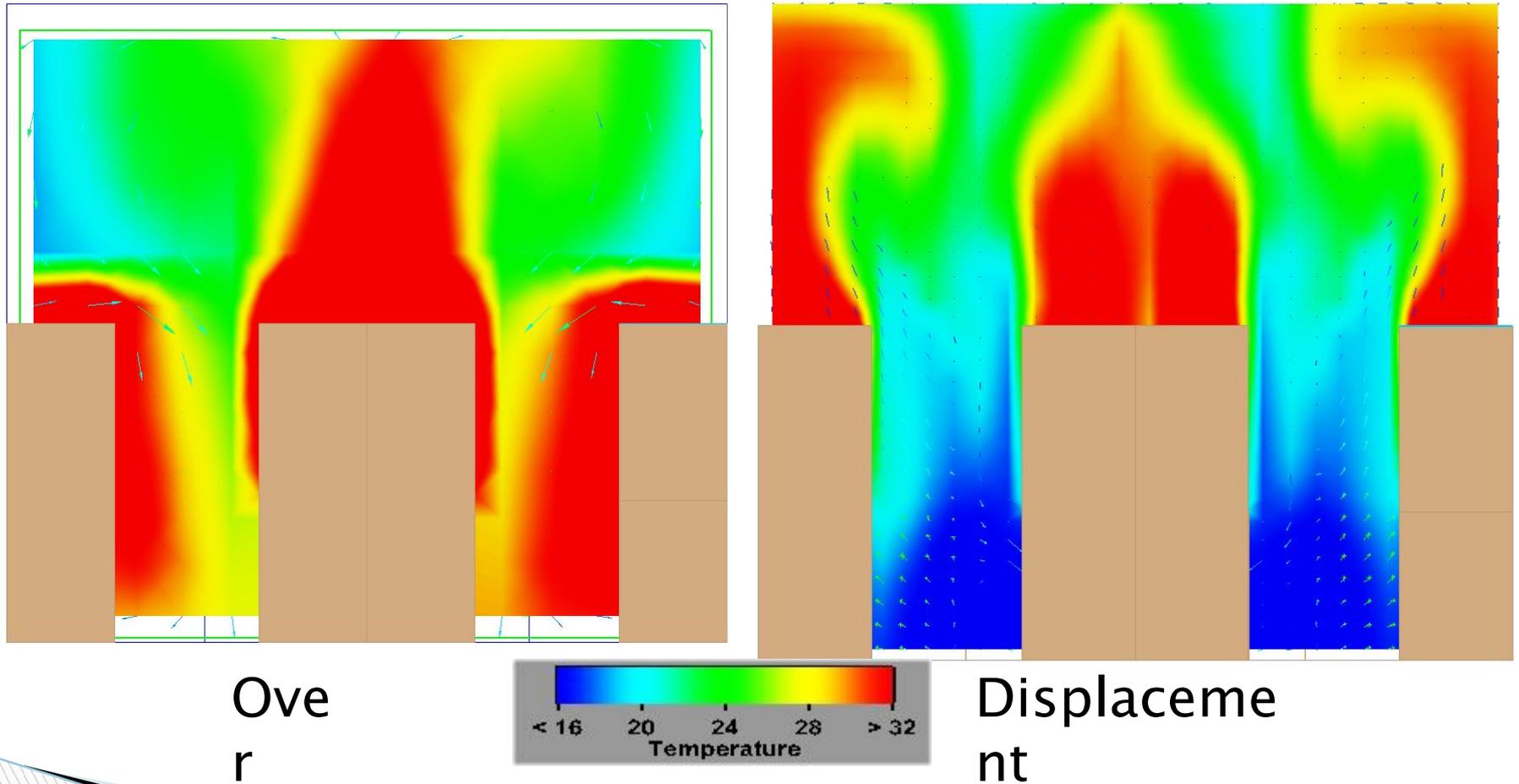
TLC
СТОЙКИ



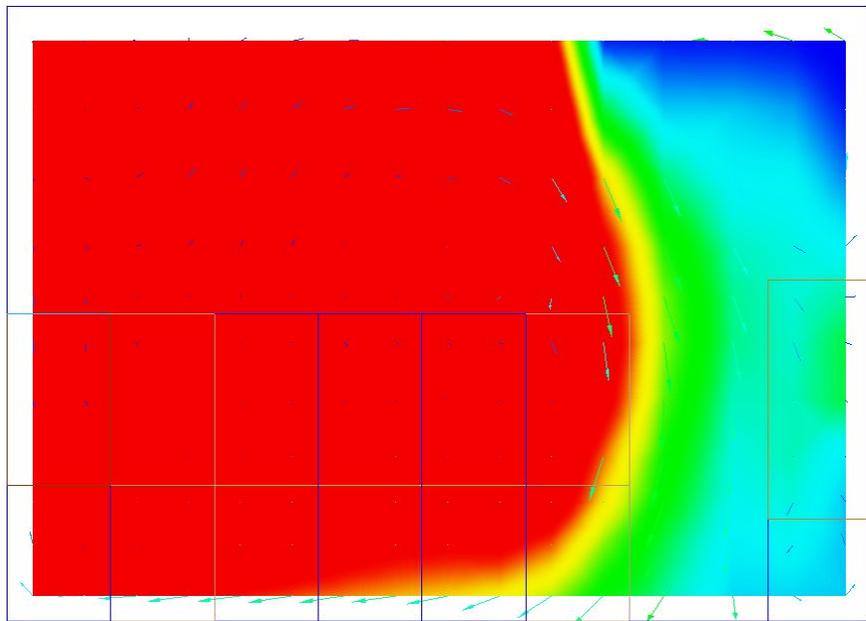
HPM Displacement : Имитация воздушного потока



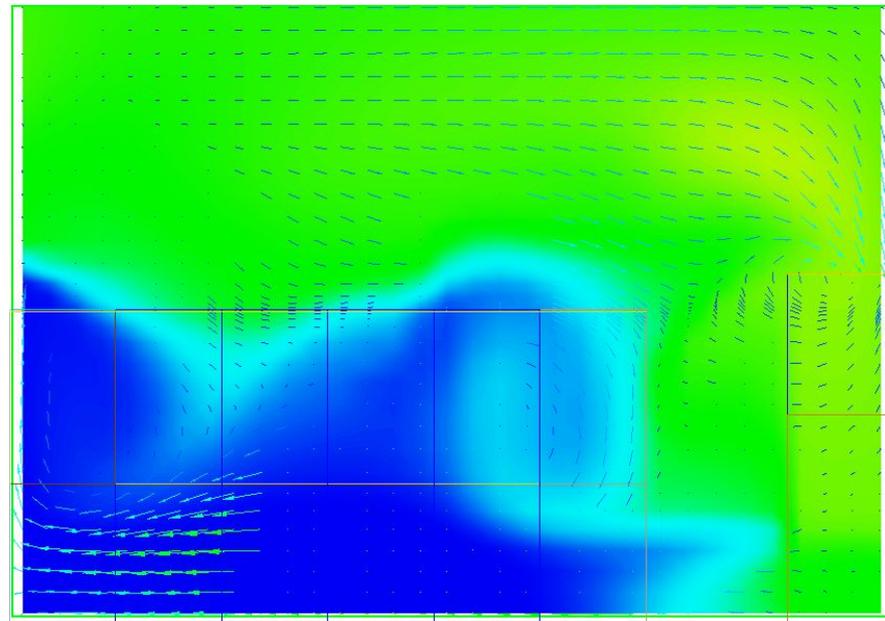
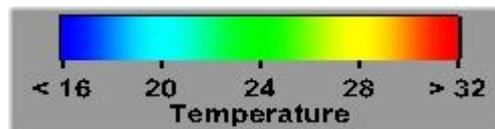
HPM Displacement : Имитация воздушного потока



HPM Displacement : Имитация воздушного потока

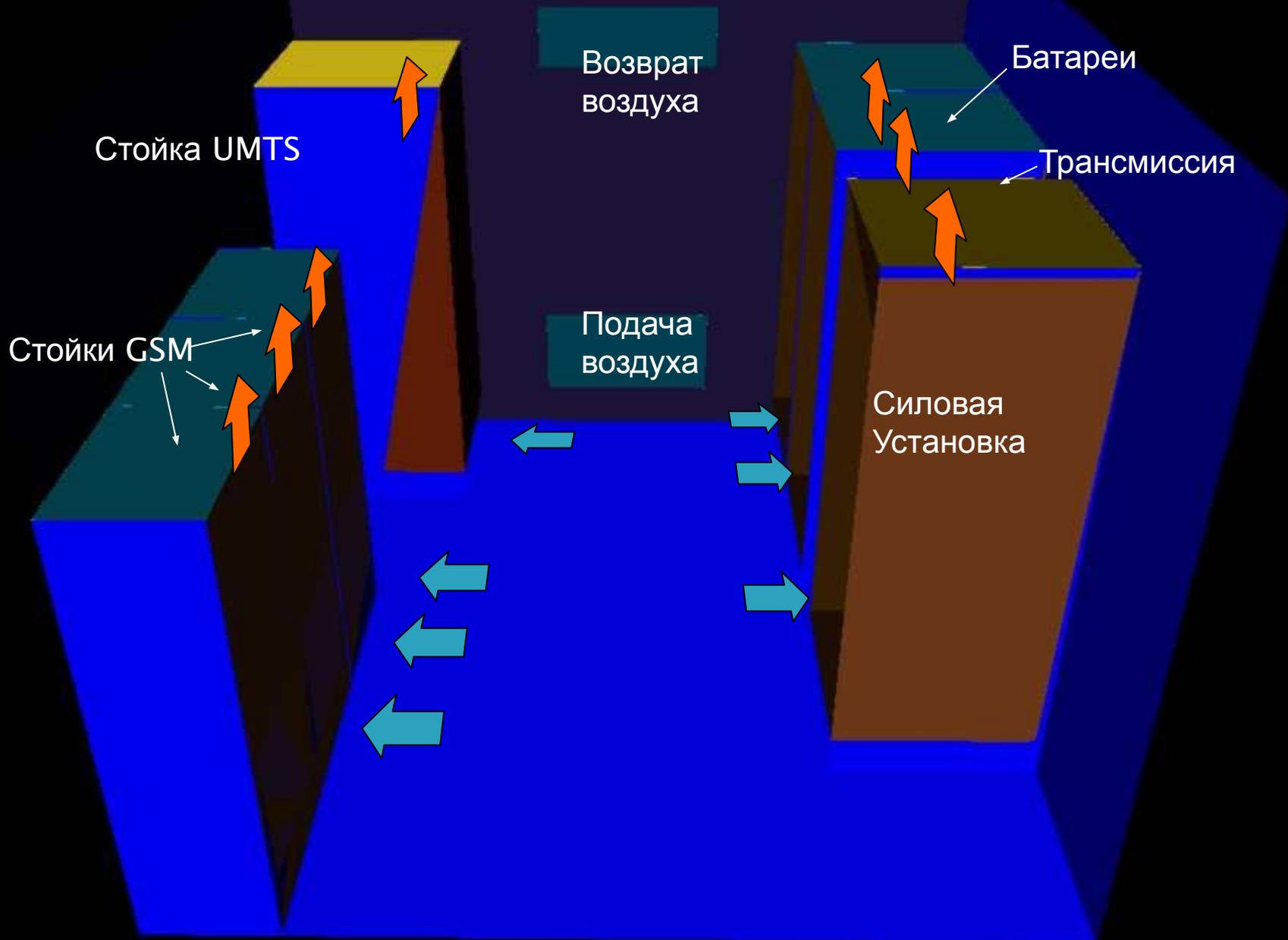


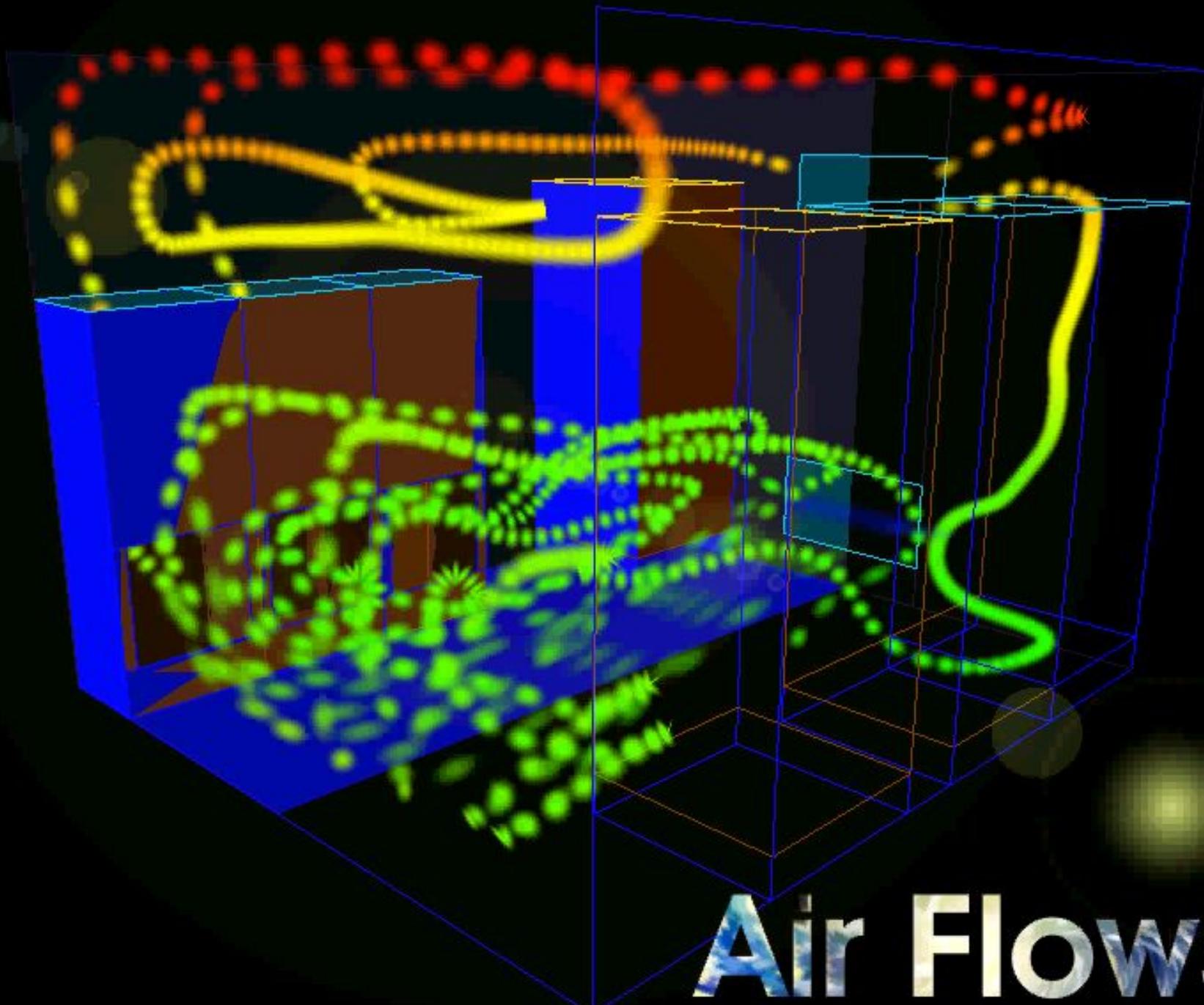
Over
r



Displaceme
nt

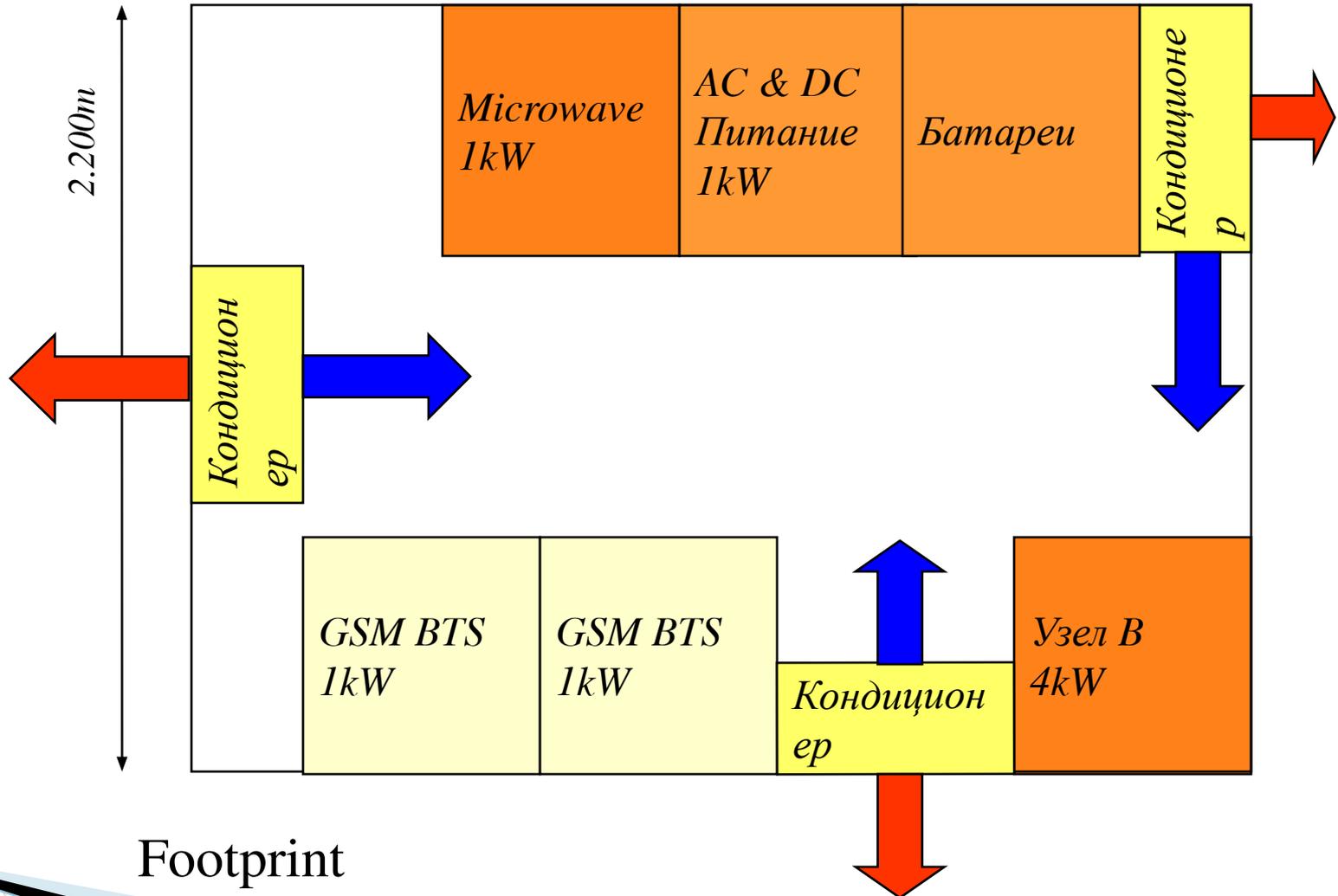
Конфигурация Контейнера





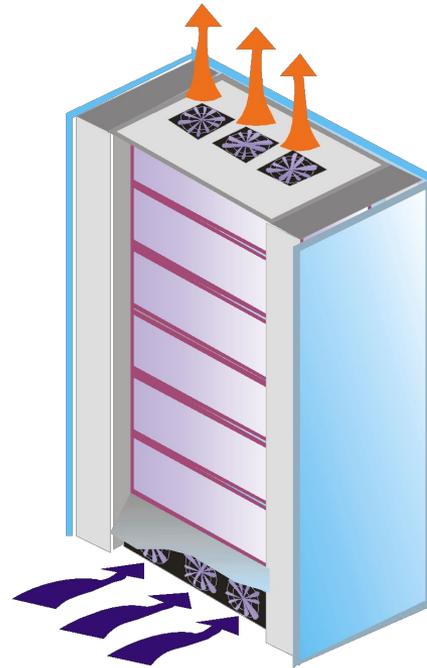
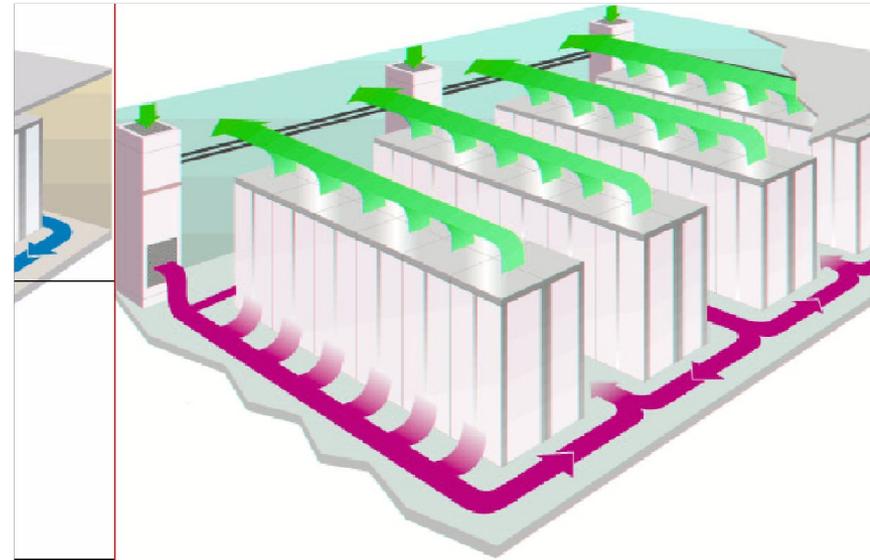
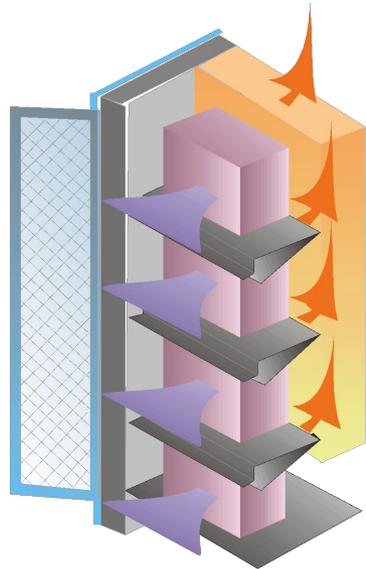
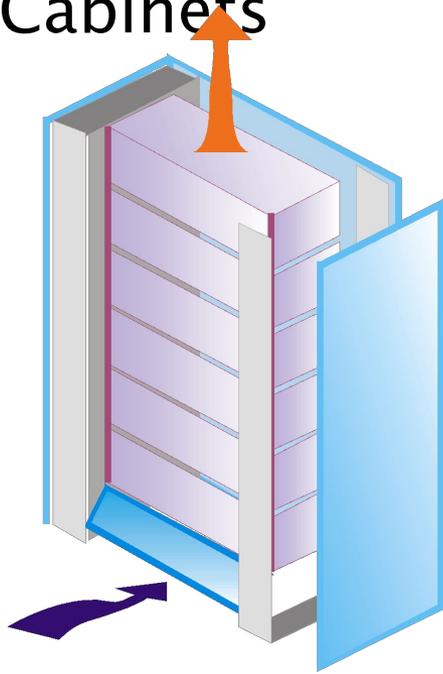
Air Flows

Применение в Контейнере



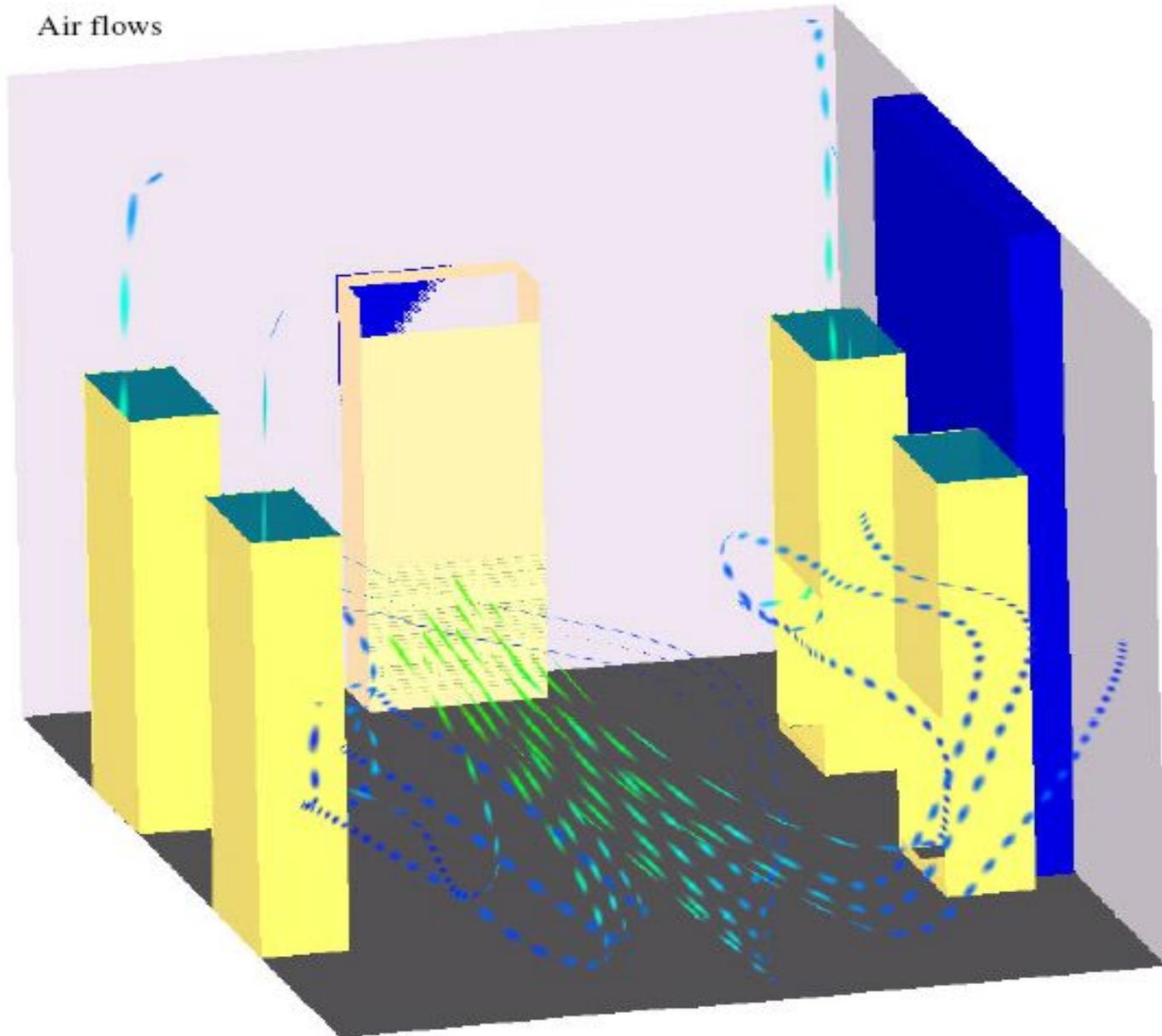
Displacement

Basic types of Telecom Cabinets

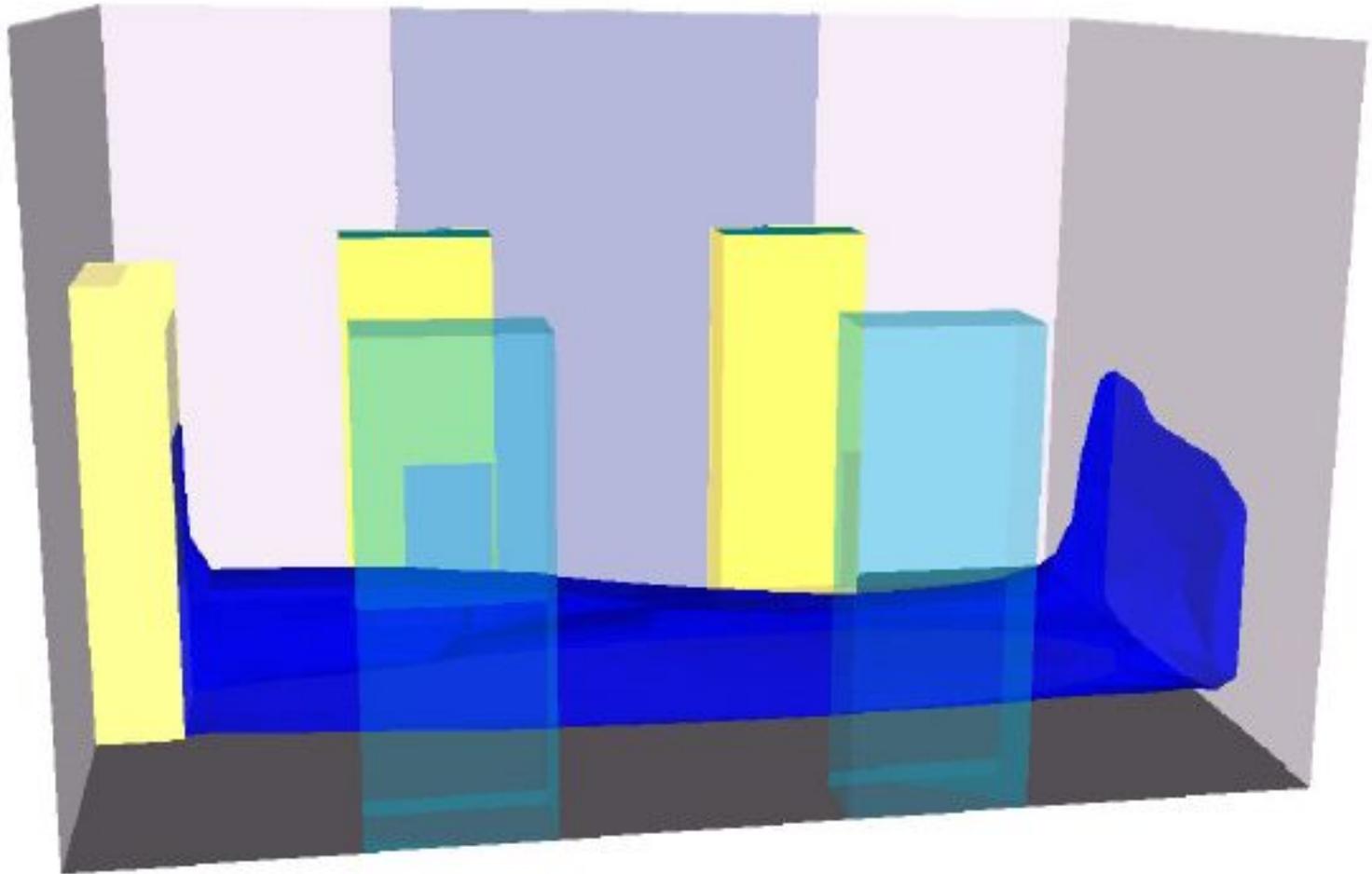


Flovent

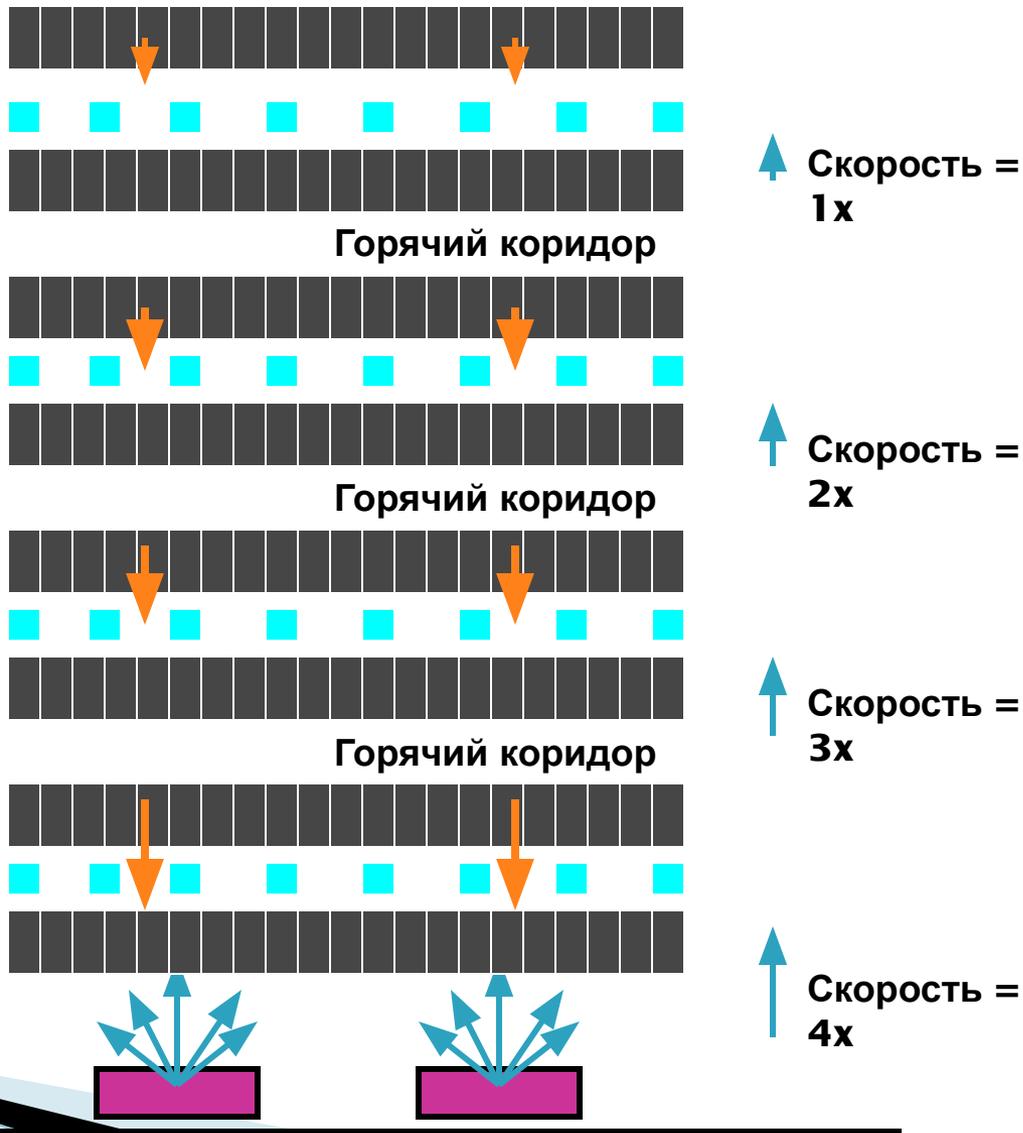
Air flows



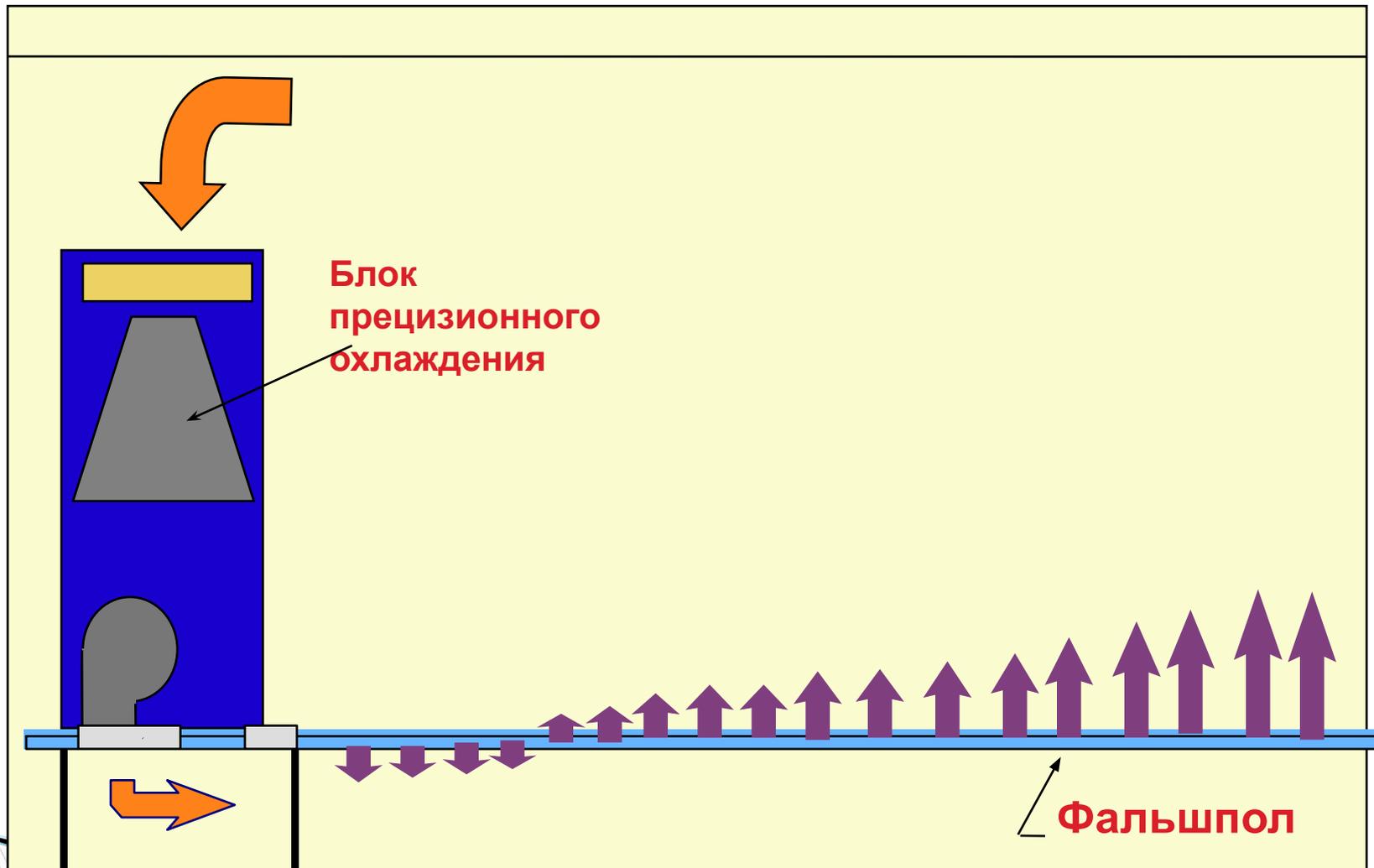
Flovent



Нежелательное размещение блоков охлаждения – перпендикулярно коридорам

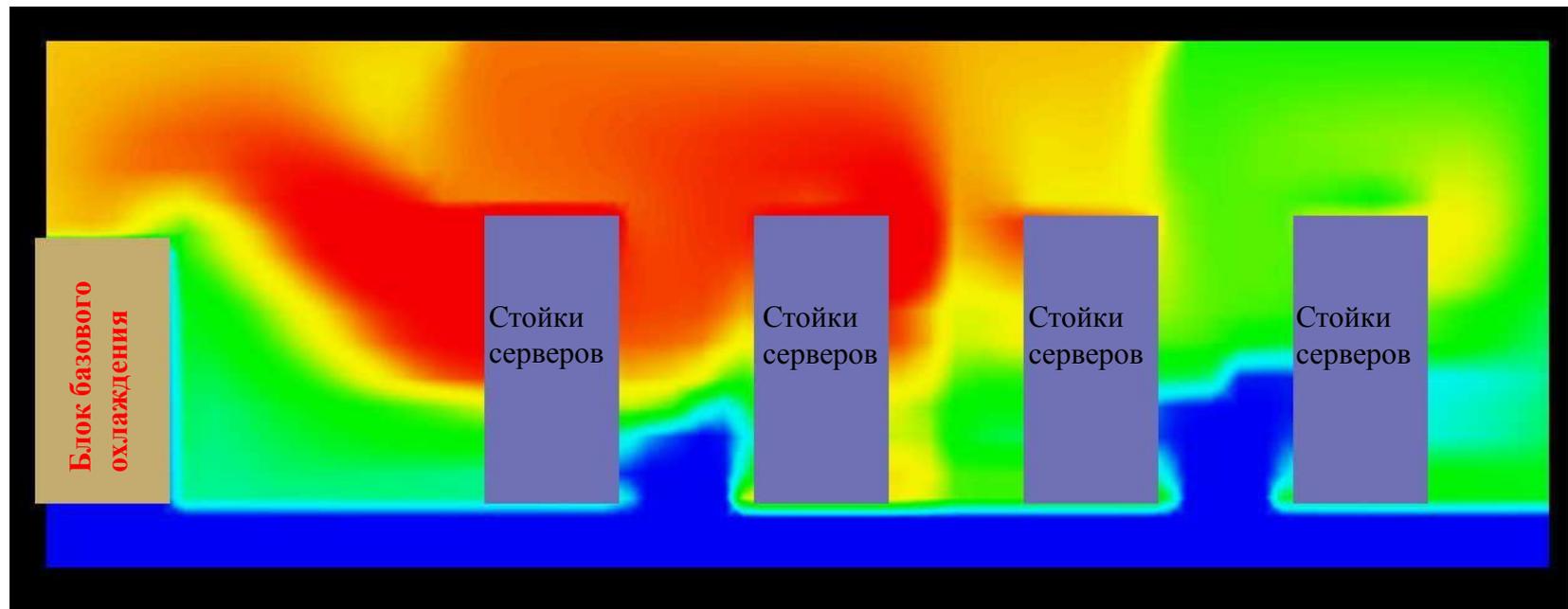


Нежелательное размещение блоков охлаждения – перпендикулярно коридорам



Проблема размещения блоков базового охлаждения

Размещение блоков охлаждения и неправильное распределение подачи под фальшпол может привести к перемешиванию горячего и холодного воздуха и зацикливанию тока вокруг стоек



Горячий
коридор

Холодный
коридор

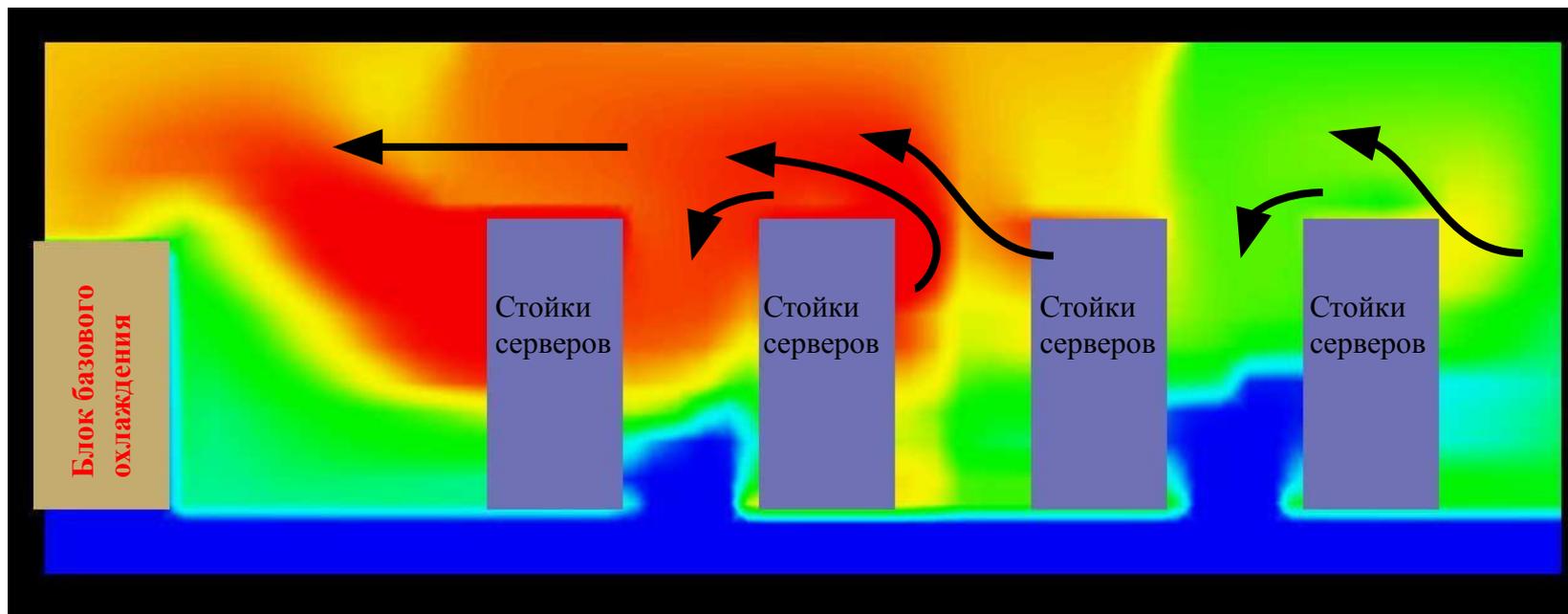
Горячий
коридор

Холодный
коридор

Горячий
коридор

Проблема размещения блоков базового охлаждения

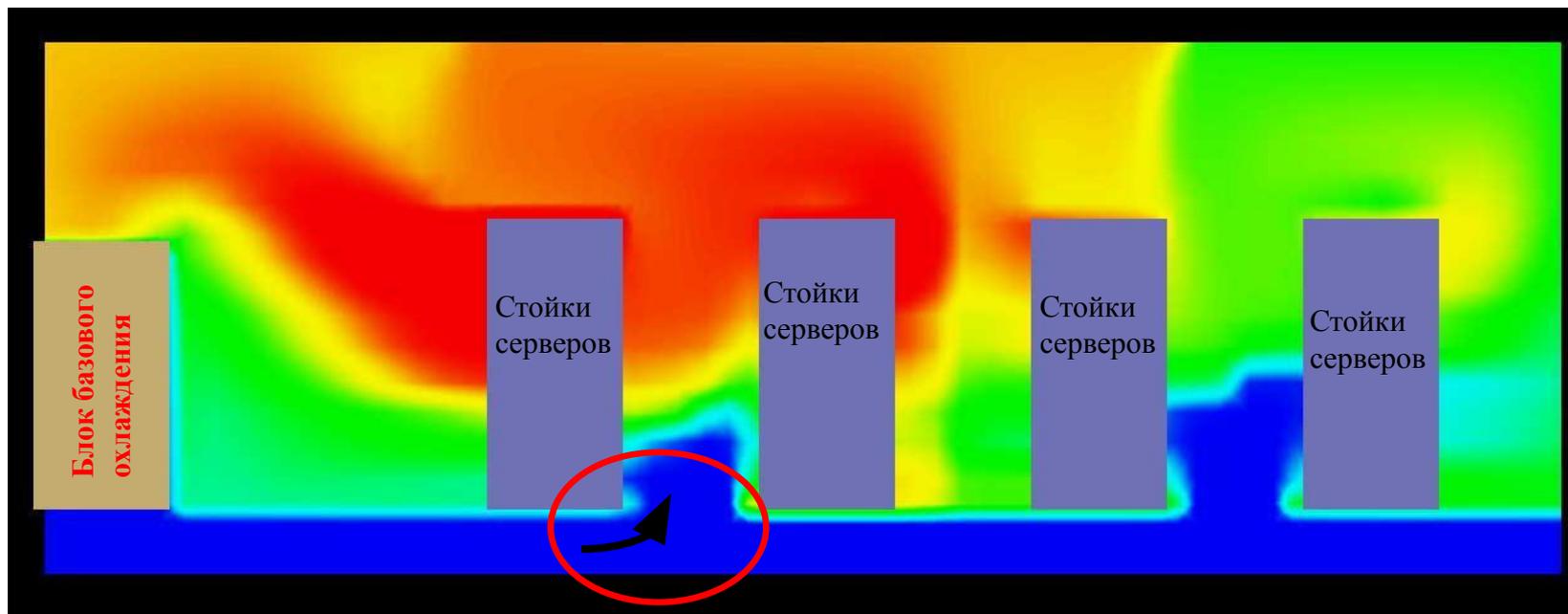
Размещение блоков охлаждения и неправильное распределение подачи под фальшпол может привести к перемешиванию горячего и холодного воздуха и зацикливанию тока вокруг стоек



“2/3 выходов из строя серверов происходит в верхней трети стойки”

Проблема размещения блоков базового охлаждения

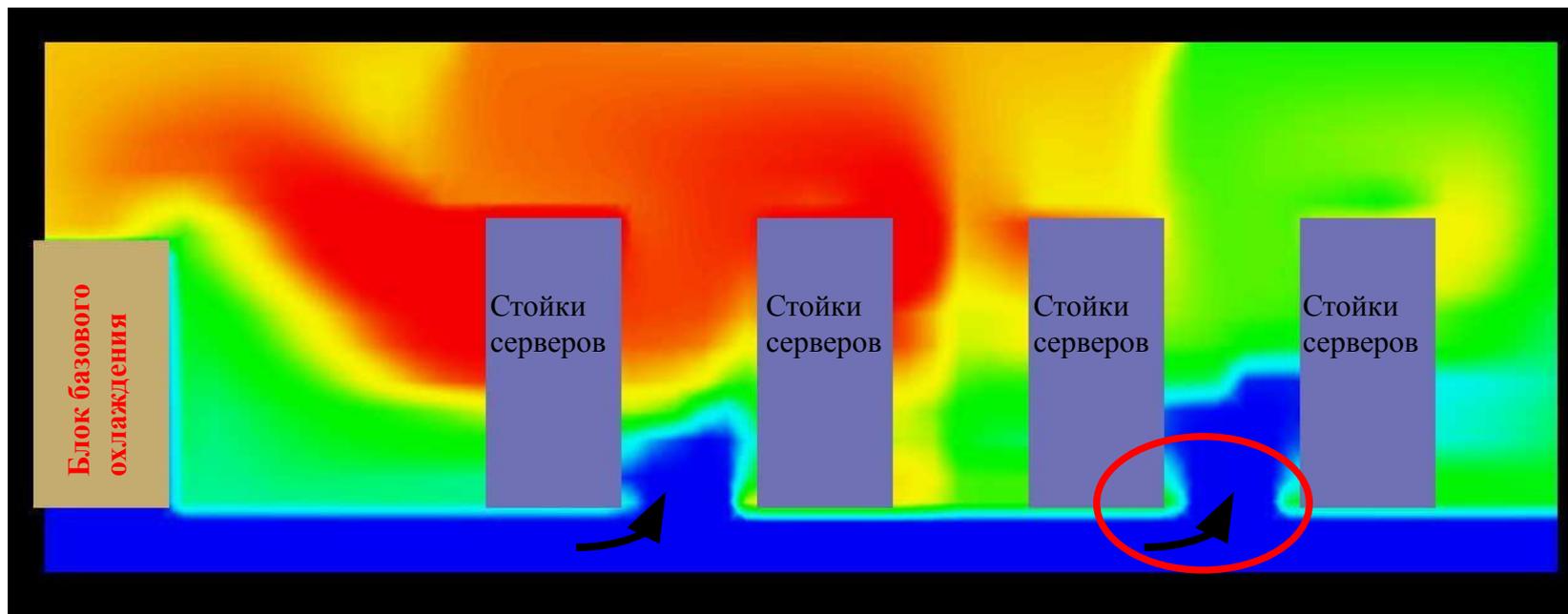
Размещение блоков охлаждения и неправильное распределение подачи под фальш-пол может привести к перемешиванию горячего и холодного воздуха и зацикливанию тока вокруг стоек



“2/3 выходов из строя серверов происходит в верхней трети стойки”

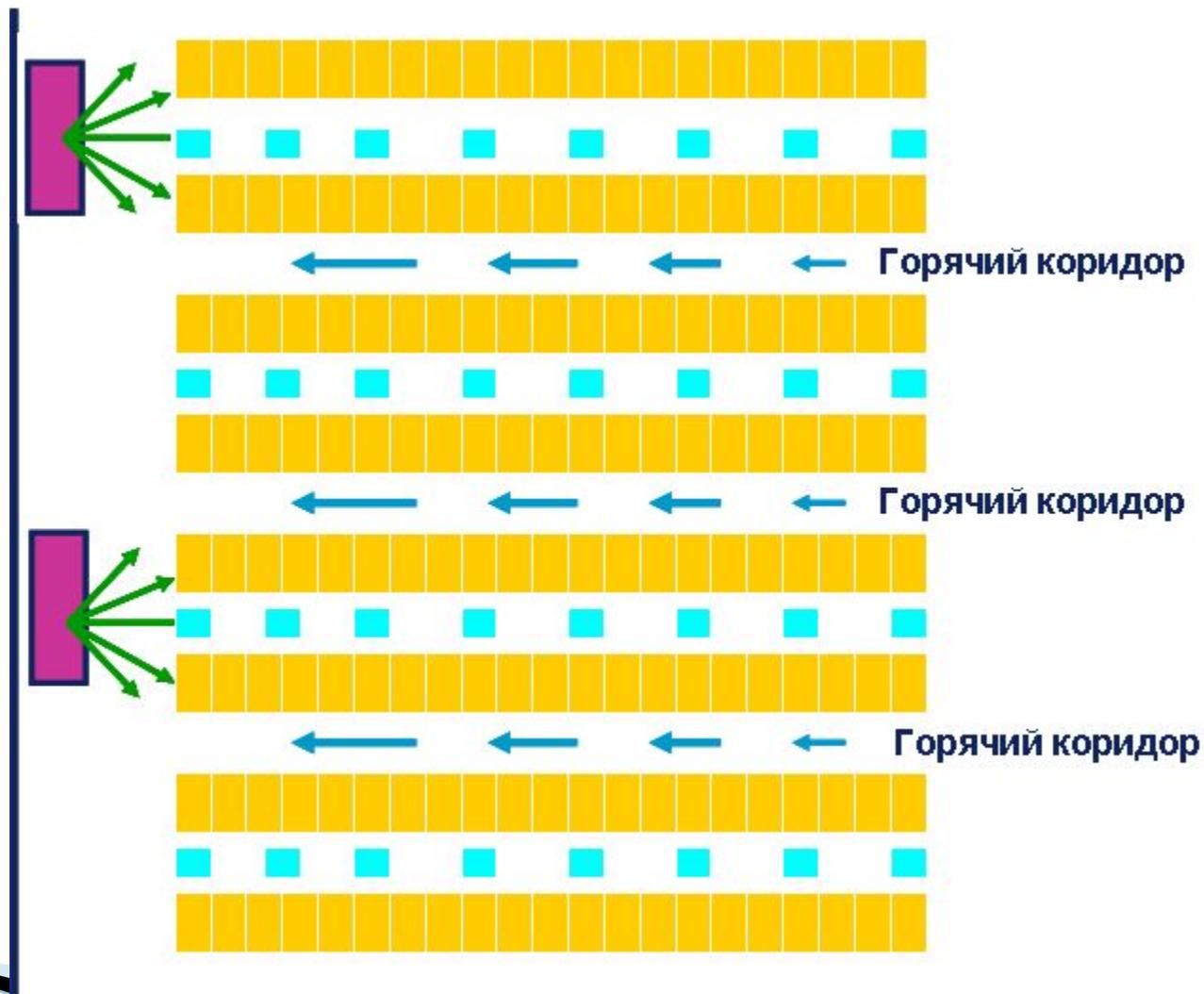
Проблема размещения блоков базового охлаждения

Размещение блоков охлаждения и неправильное распределение подачи под фальш-пол может привести к перемешиванию горячего и холодного воздуха и зацикливанию тока вокруг стоек

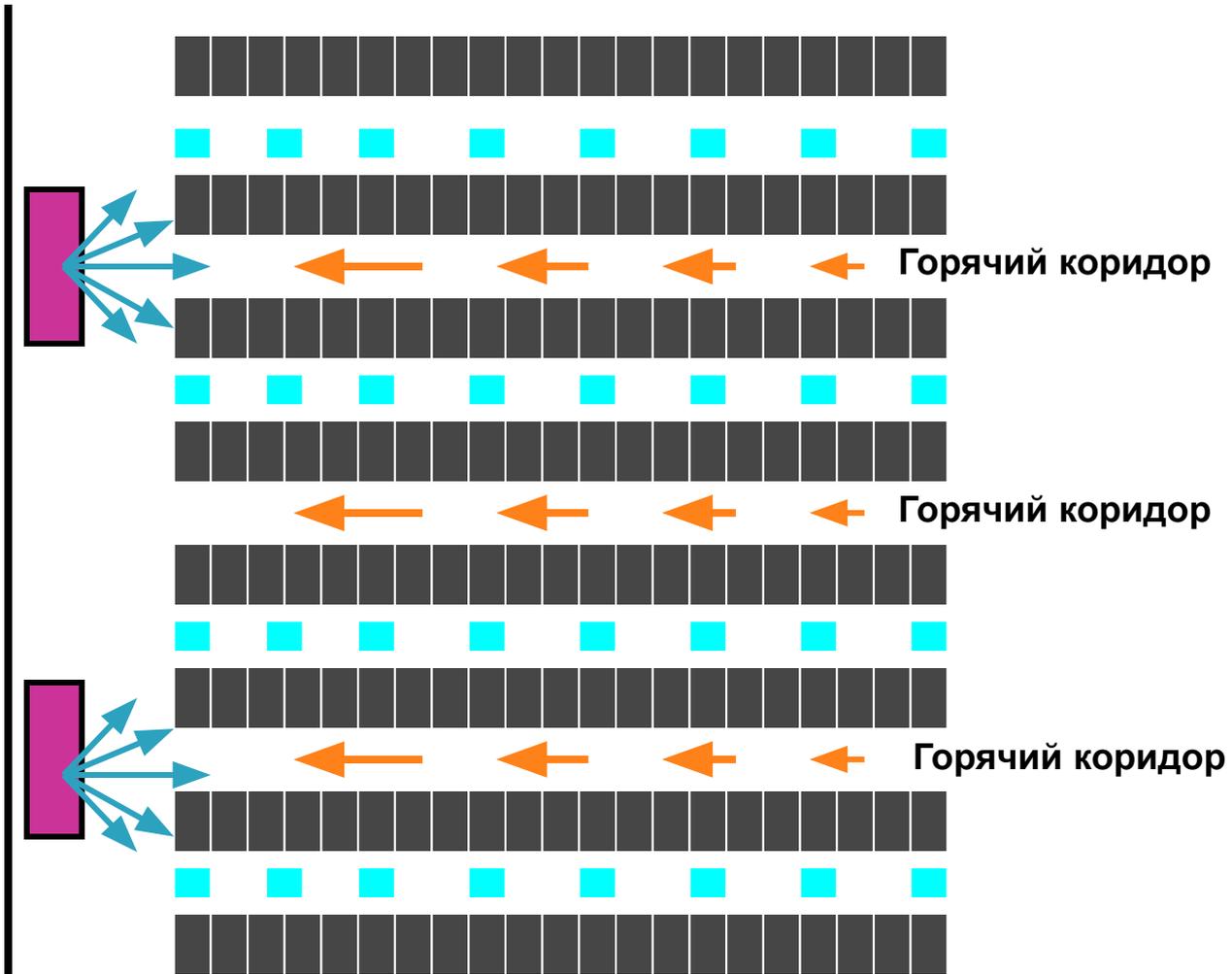


“2/3 выходов из строя серверов происходит в верхней трети стойки”

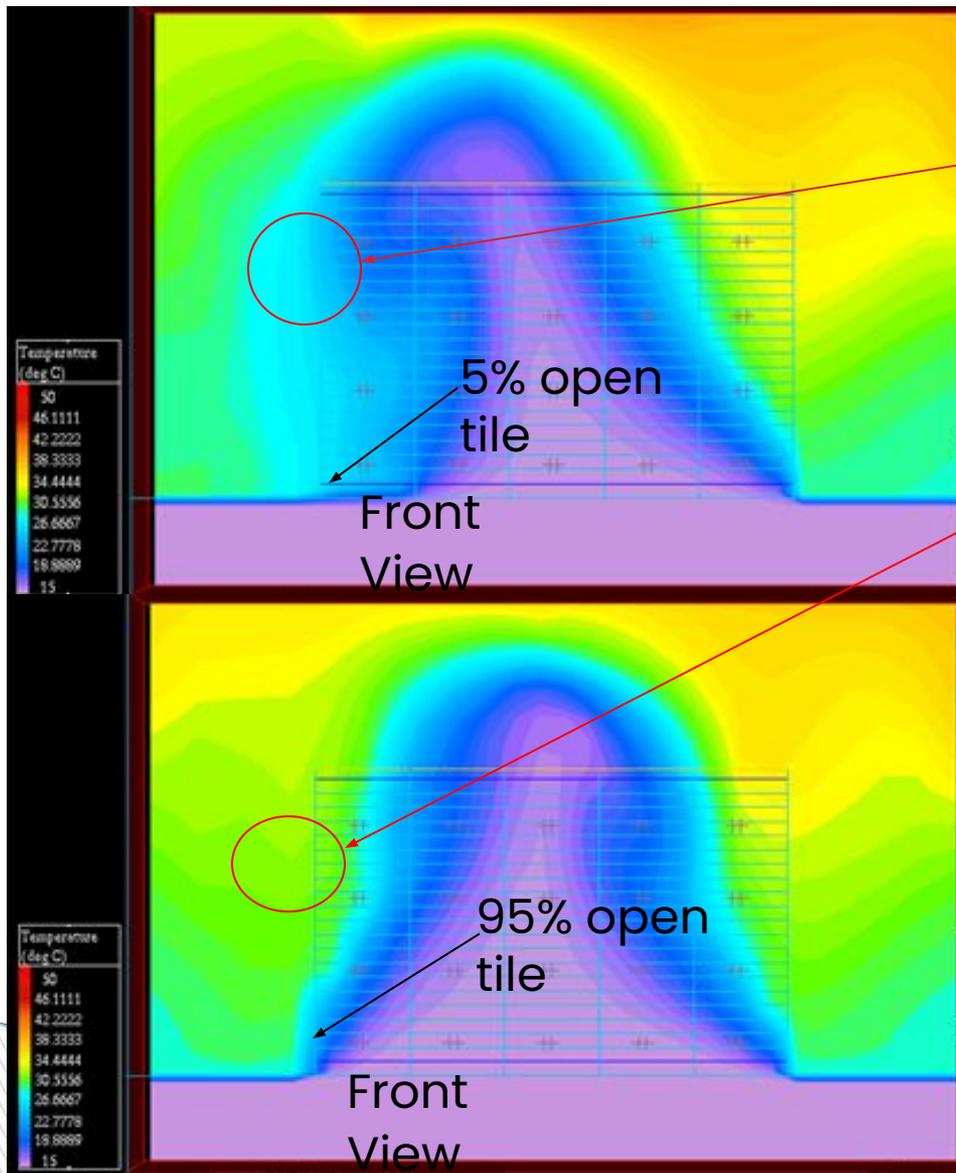
Проблема размещения блоков базового охлаждения



Наилучшее расположение блоков охлаждения – в конце горячих коридоров.



Распределение воздуха через панели

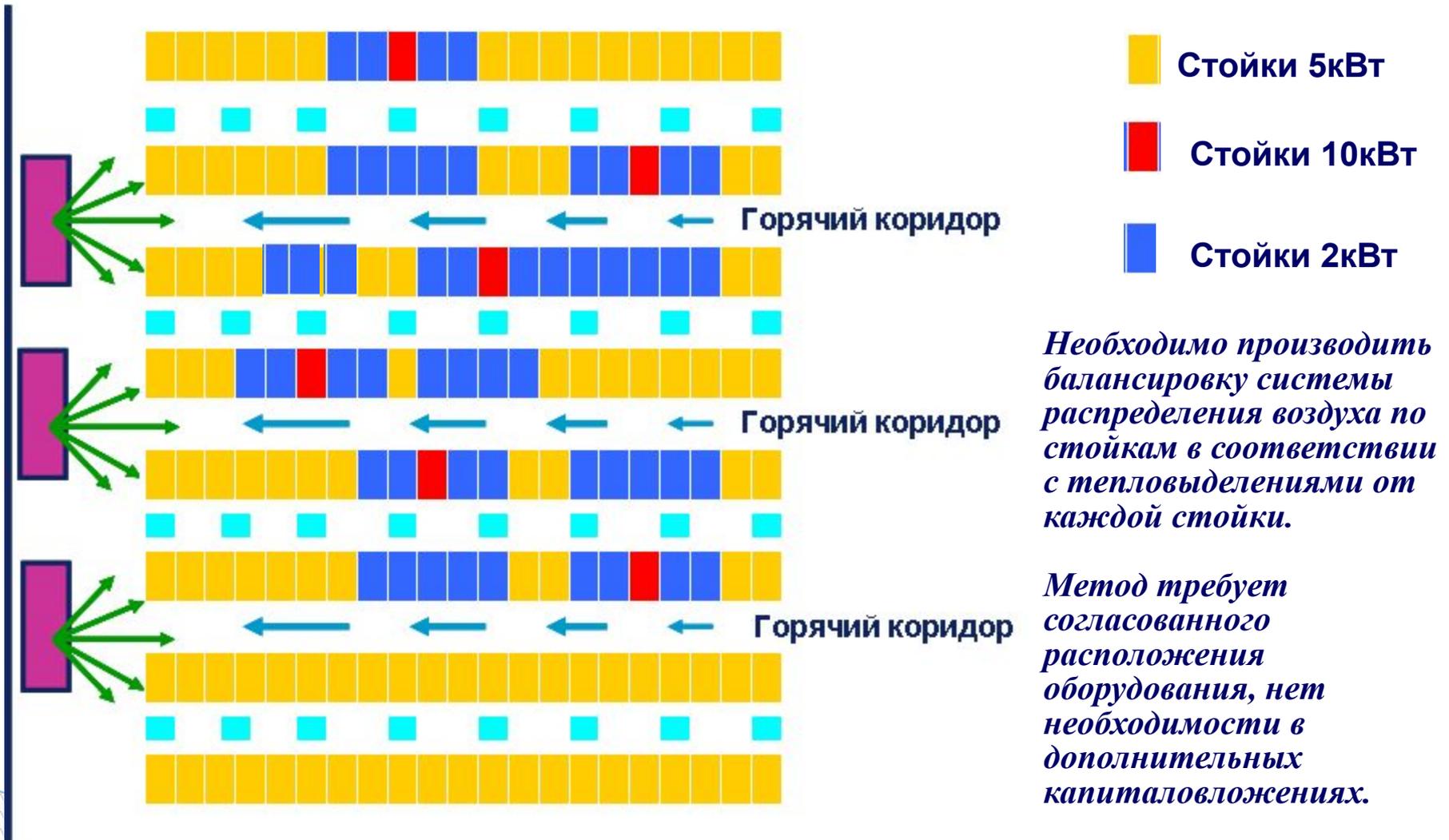


5% «живое сечение» плитки фальшпола обеспечивает оптимальное воздухораспределение и охлаждение

95% «живое сечение» ведет к перегреву части серверов и нарушению распределения воздуха



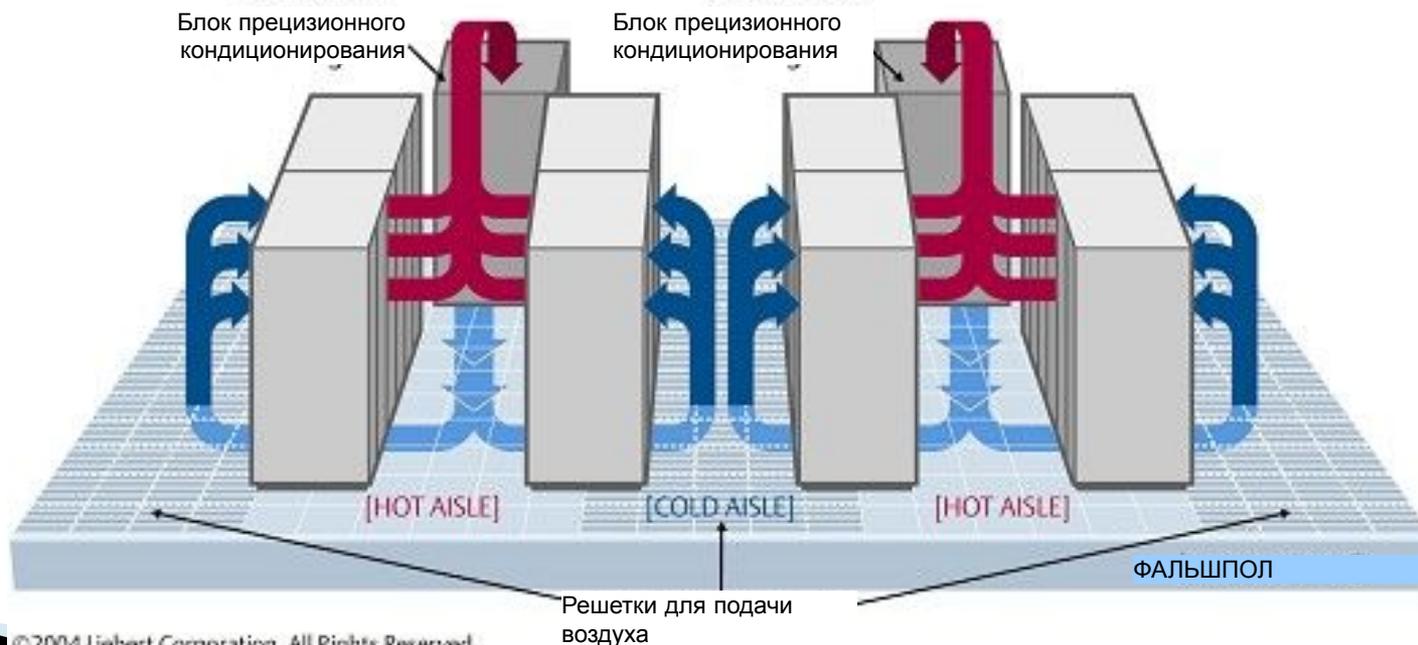
Принцип расположения оборудования используя метод «заимствования»



Рекомендации ASHRAE

Рекомендации по организации охлаждения в помещениях с оборудованием обработки данных

СХЕМА РАЗМЕЩЕНИЯ ШКАФОВ С ЧЕРЕДОВАНИЕМ ГОРЯЧИХ И ХОЛОДНЫХ КОРИДОРОВ



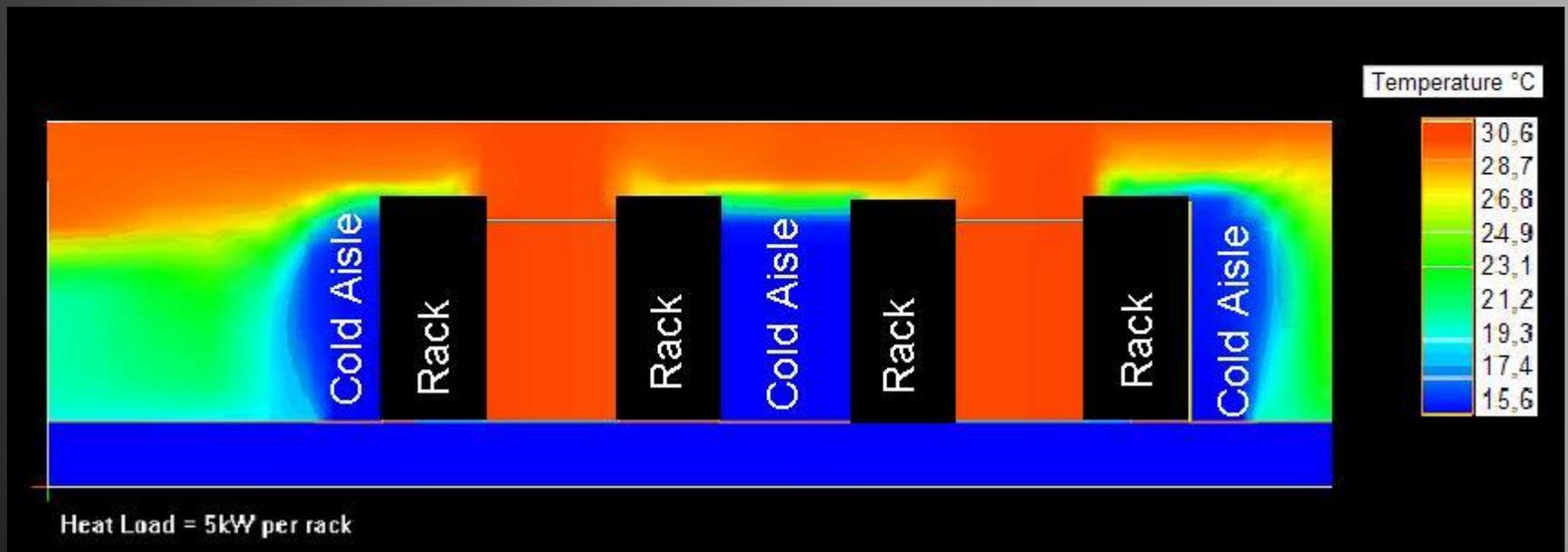
Пример горячих и холодных коридоров и размещение стоек



Методы охлаждения – Охлаждение воздуха в помещении

Рекомендация ASHRAE

Размещение оборудования с чередованием горячих и холодных коридоров



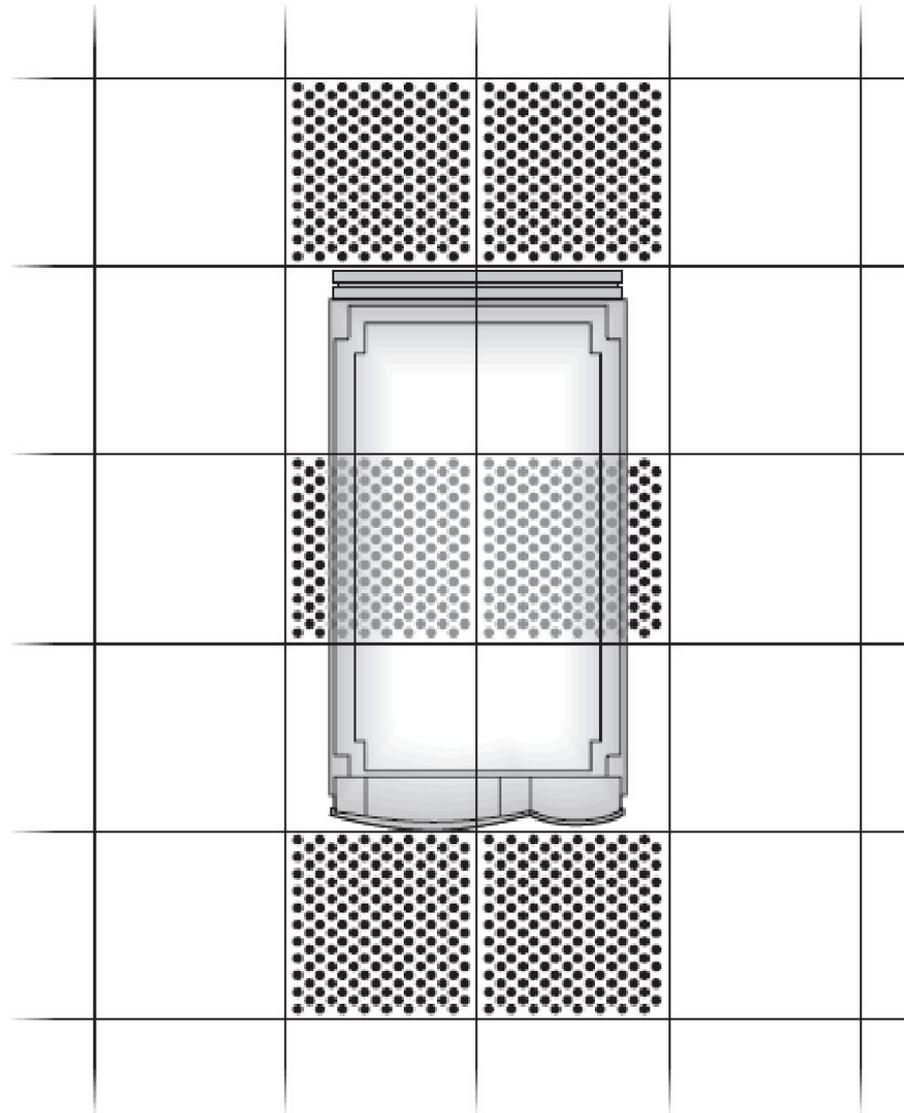
Плотность тепловыделения 5 кВт на стойку

Подача воздуха от 1 100 до 1 300 м³/ч

Холодный воздух полностью заполняет пространство перед передними дверцами с равномерной температурой по всей высоте стойки

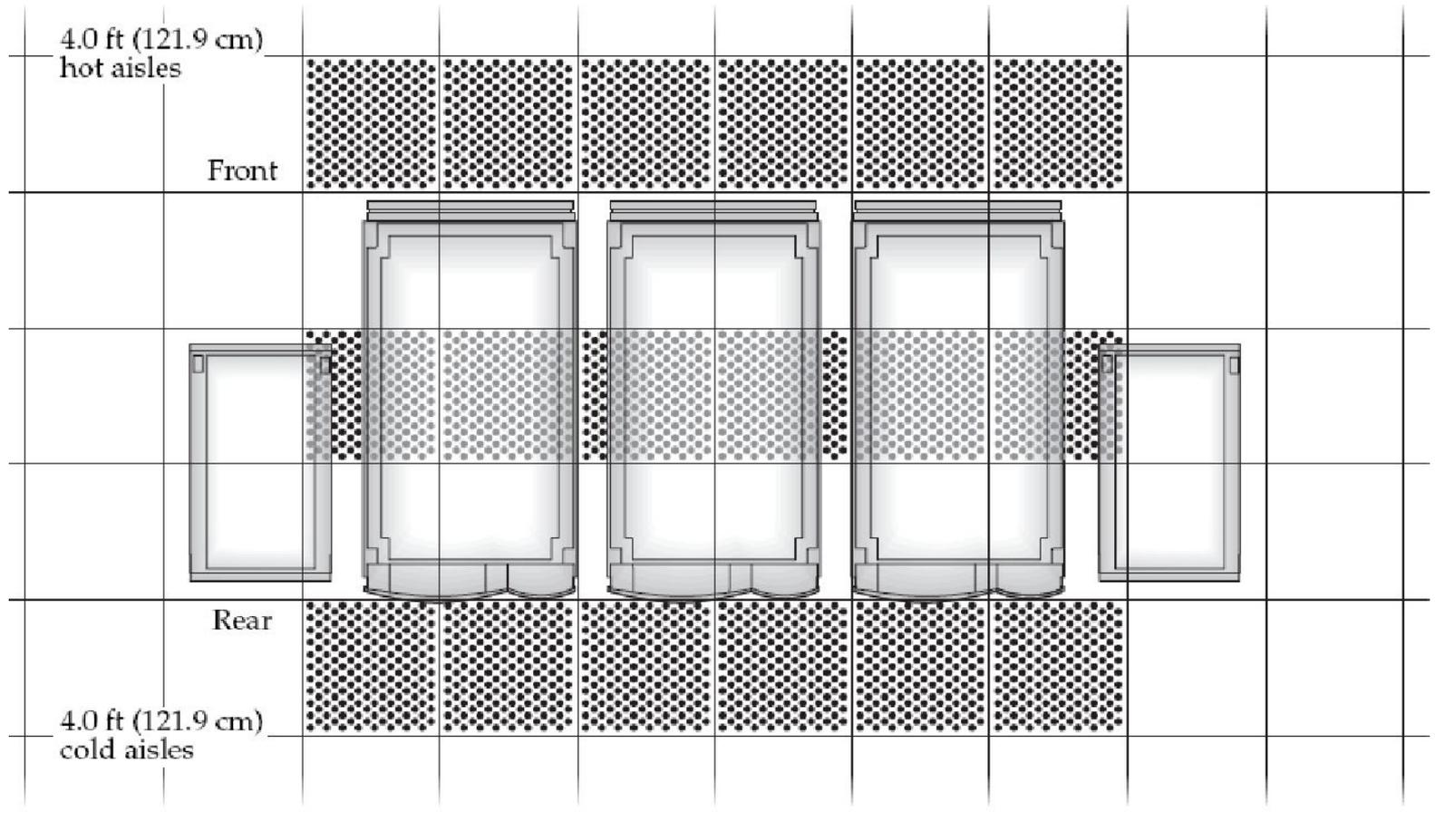
Распределение воздуха через панели

- Прецизионные кондиционеры с нижней подачей воздуха
 - Сервера SUN



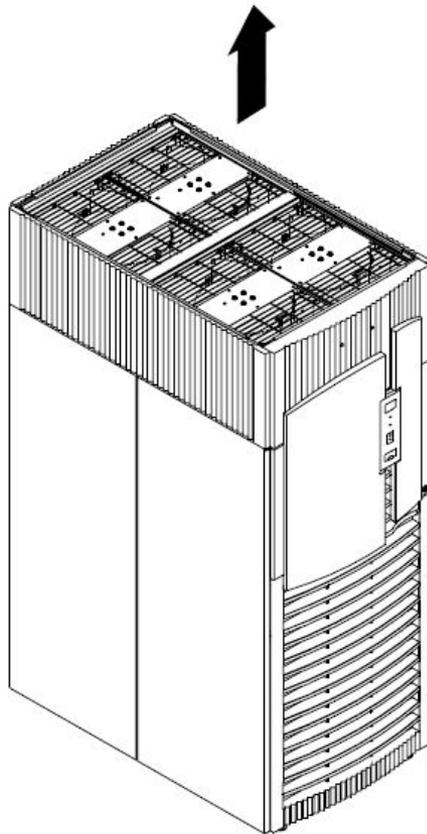
Распределение воздуха через панели

- Прецизионные кондиционеры с нижней подачей воздуха
 - Сервера SUN



Распределение воздуха через панели

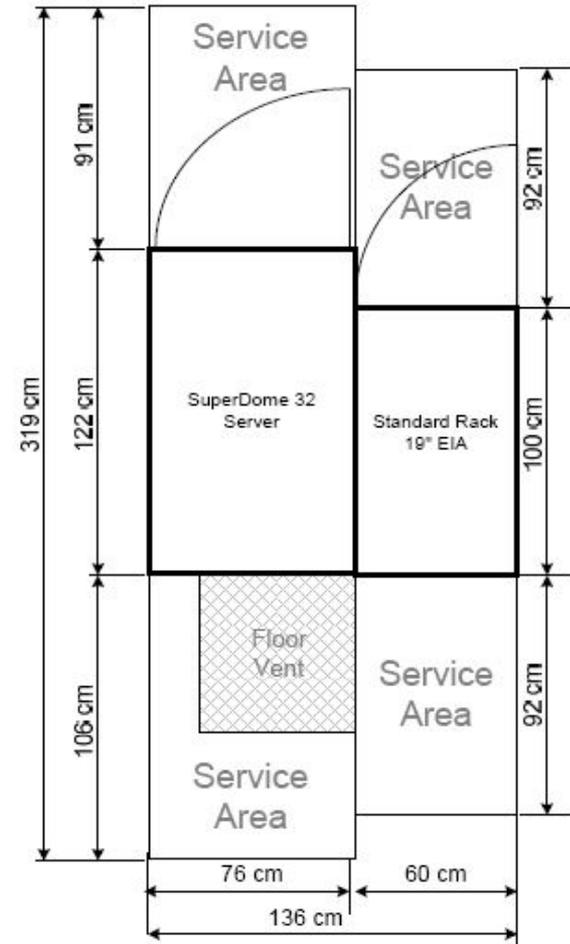
- Прецизионные кондиционеры с нижней подачей воздуха
 - Сервера HP



Air flows
front to top

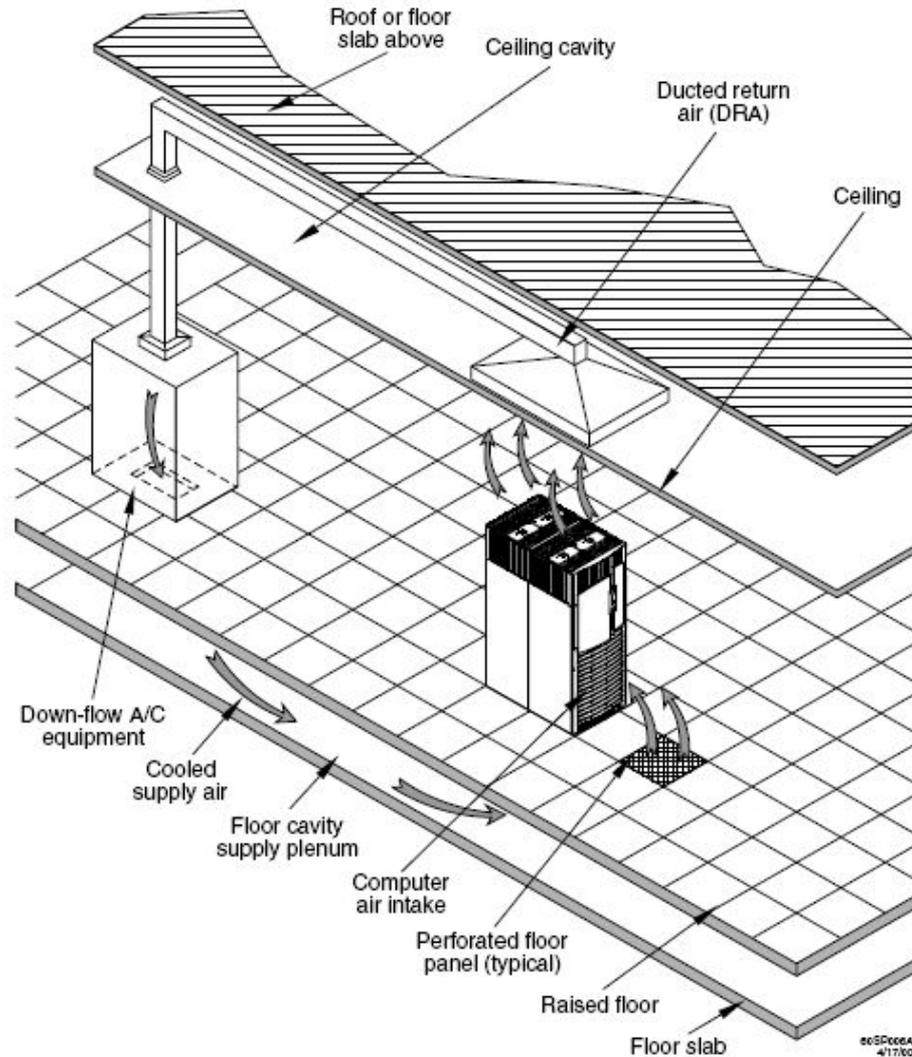


60SP
12

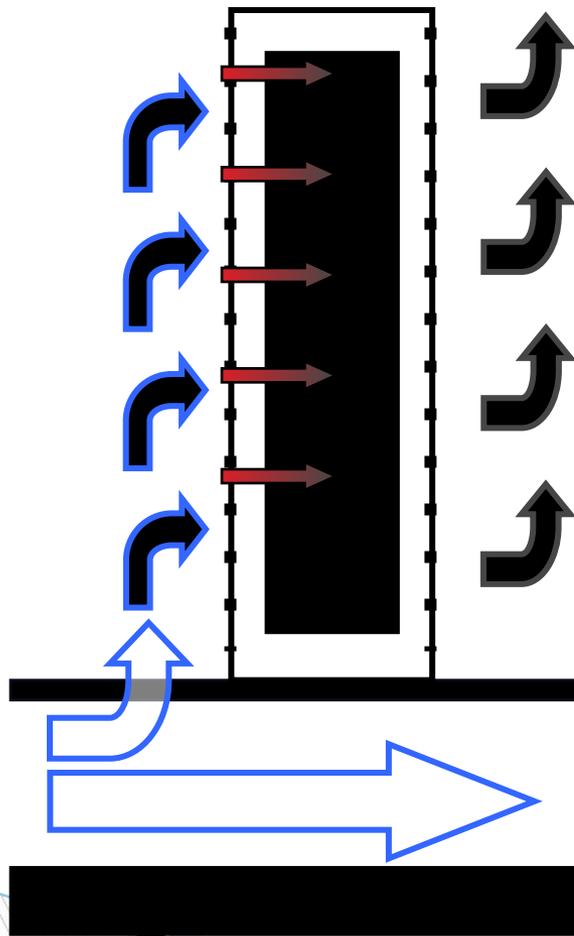


Распределение воздуха через панели

- Прецизионные кондиционеры с нижней подачей воздуха
 - Сервера HP



Типичная серверная стойка

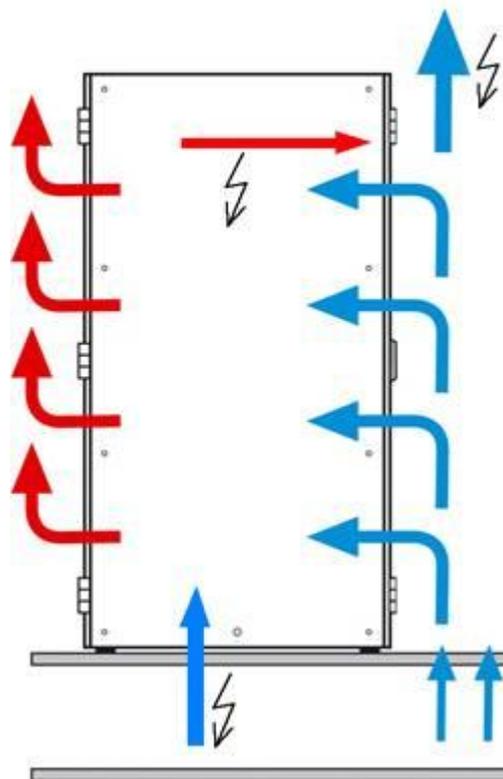


- Перфорированная дверь
- **> 80%** перфорации
- Охлаждение всего помещения, подача воздуха под фальшь пол
- Максимум **3 - 5 кВт / стойка**
- Рекомендуемая скорость воздуха в пространстве фальшпола не более **1 м/сек.**

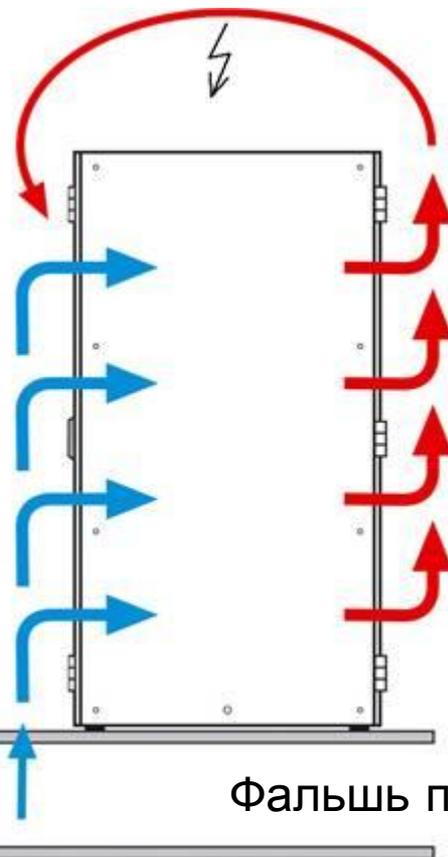


Проблемы распределения воздуха

Потеря части холодного воздуха



Переток горячего воздуха



Фальшь пол

□ Необходимо принимать дополнительные меры:

Распределение воздуха

1. Фальшь пол

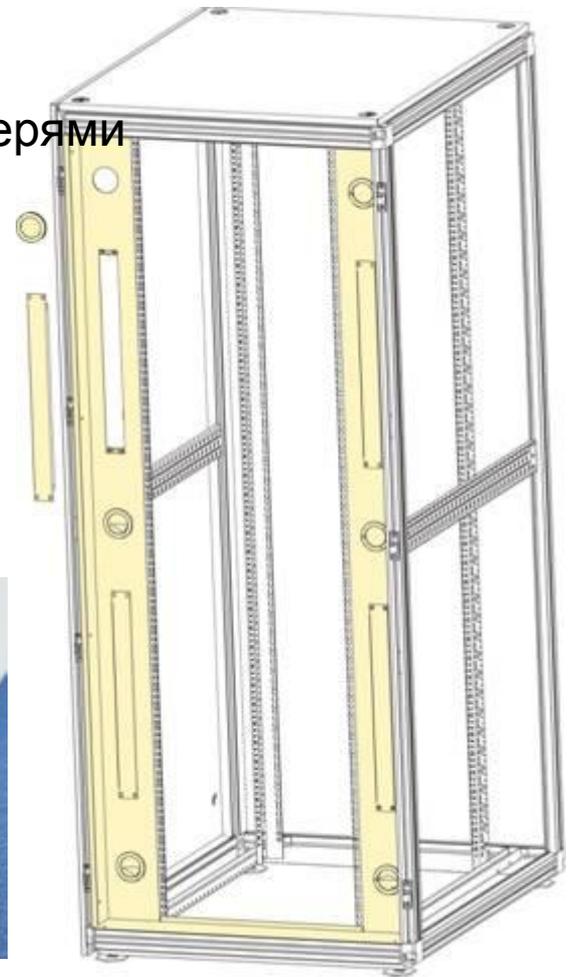
- Ни каких воздухораспределительных панелей в горячем коридоре
- Закрывать все технологические отверстия в фальшь полу в зоне горячего коридора
- Закрывать все кабельные вводы



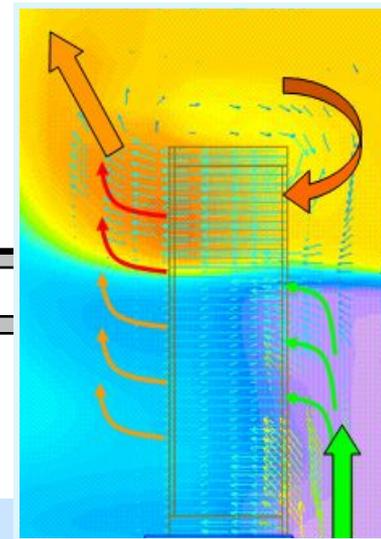
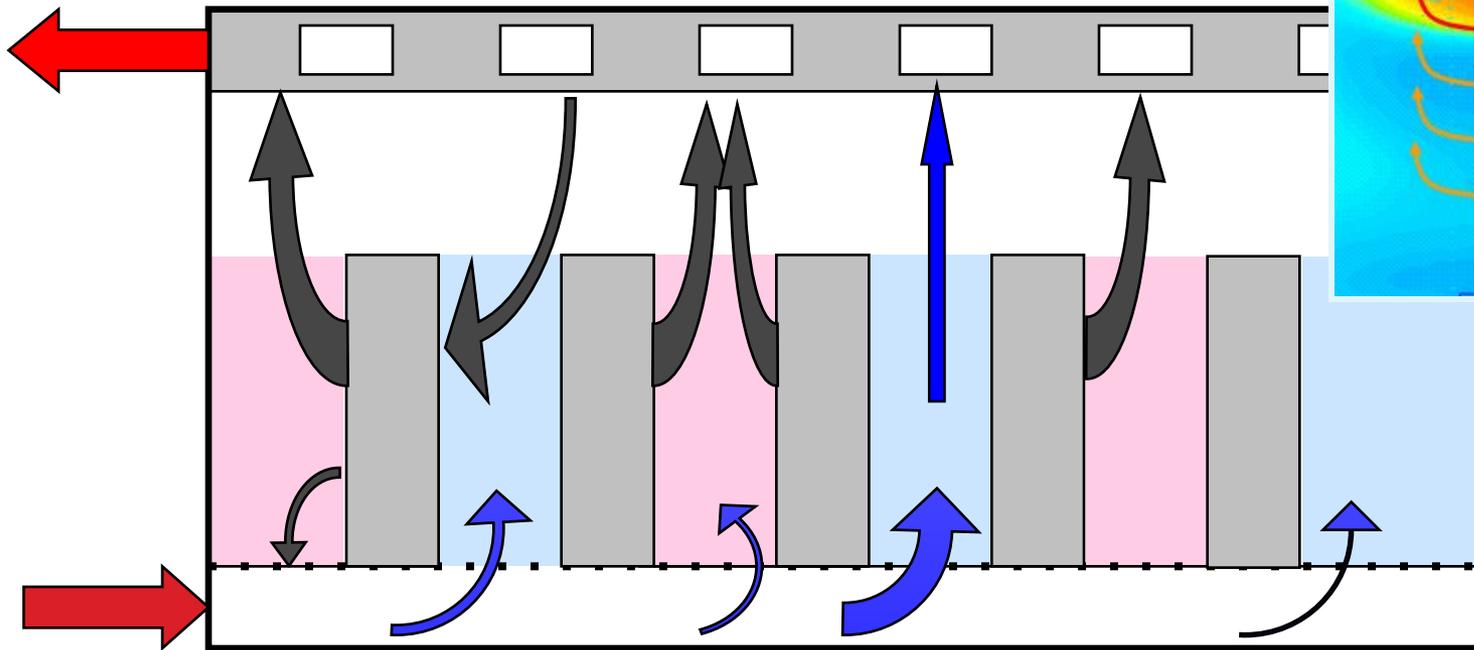
Распределение воздуха

2. Серверные стойки

- Закрытые стойки с перфорированными дверями
- Установка панелей заглушек

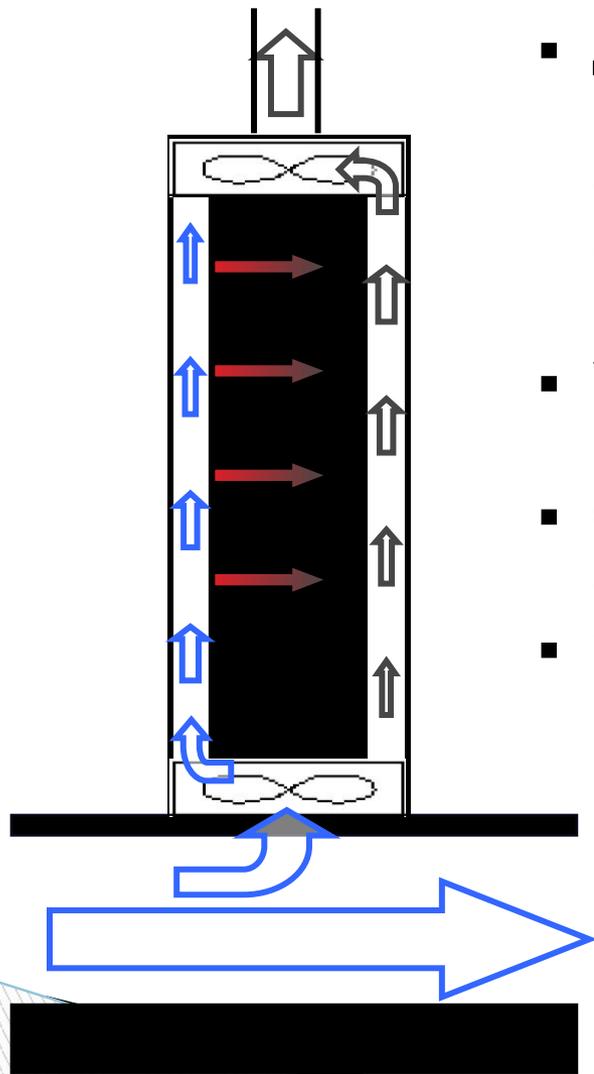


Типичные проблемы распределения воздуха



- Находящиеся на пути распределения воздуха кабельные лотки, трубопроводы ...
- Смешение «холодного» и «горячего» воздуха

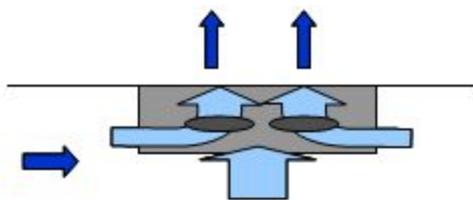
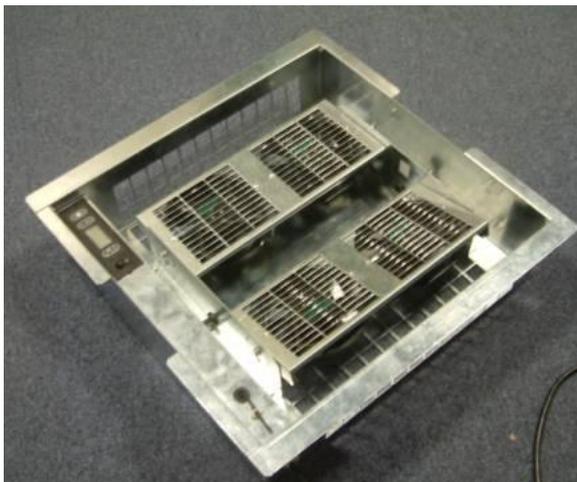
Форсированное воздушное охлаждение



- **Дополнительный вентилятор сверху или сзади стойки, и/или снизу в стойке или перед стойкой**
- **Увеличенный расход воздуха через стойку**
- **6 - 8 кВт / с одной стойки**
- **Зависимость от высоты фальшпола и расхода воздуха!**



Модули увеличения расхода воздуха через стойку



**Модуль
extreme TU**

- **Дополнительный вентилятор сверху или сзади стойки, и/или снизу в стойке или перед стойкой**
- **Увеличенный расход воздуха через стойку**
- **6 - 8 кВт / с одной стойки**
- **Зависимость от высоты фальшпола и расхода воздуха!**
- **Опасность нарушения воздухообмена в соседних стойках**

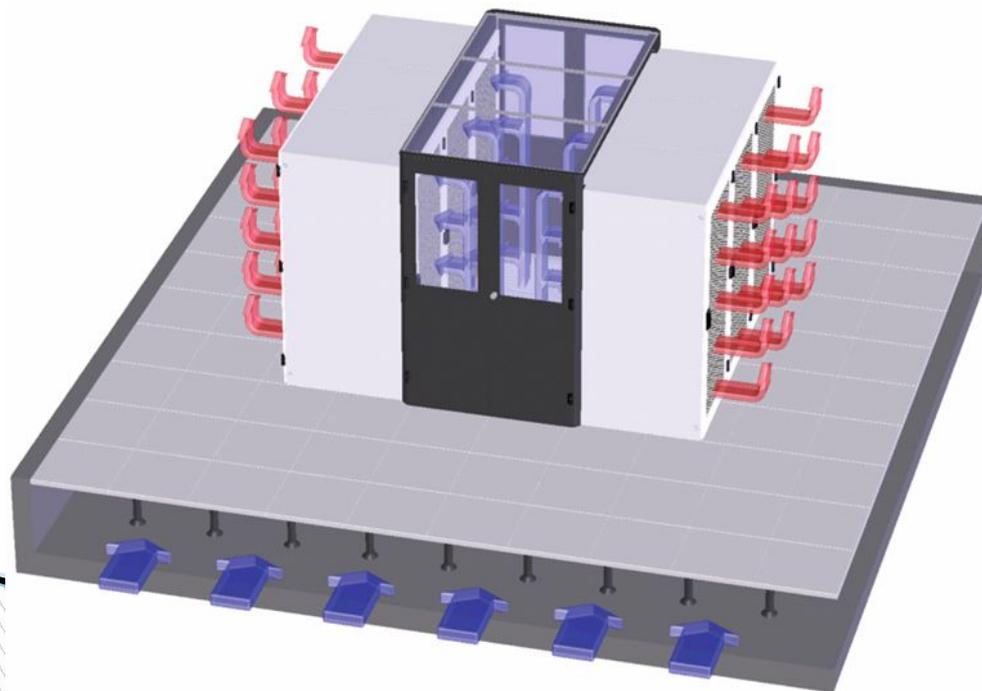


**Модуль
XDA**

Распределение воздуха

3. Закрытие холодного коридора

- Прозрачные легко съемные панели позволяющие использовать существующее освещение
- Вращающиеся двери (или сдвигающиеся)
Свободный проход открытие на 180°
Двери рядом со стойками нет потерь холодного воздуха



Liebert НРМ управление температурой в коридоре и Knuerr холодный коридор



Knuerr холодный коридор

- Нет воздушного байпаса из горячего в холодный коридор
- Ограничение риска образования горячих зон

Liebert НРМ

Прецизионное кондиционирование

- Водяной клапан управляется по температуре обратного воздуха
- Шкафные кондиционеры на охлажденной воде с ЕС вентиляторами
 - Управляются по рабочей температуре холодного коридора

Liebert НРМ управление температурой в коридоре и Knuerr холодный коридор



- Модуляция воздушного потока
- Экономия электроэнергии – до 90% от ежегодной стоимости потребляемой электроэнергии
- Пониженный уровень шума
- Пониженный риск образования горячих зон

Распределение воздуха

Пилотный проект



Распределение воздуха

Пилотный проект



Распределение воздуха

Пилотный проект



Результат

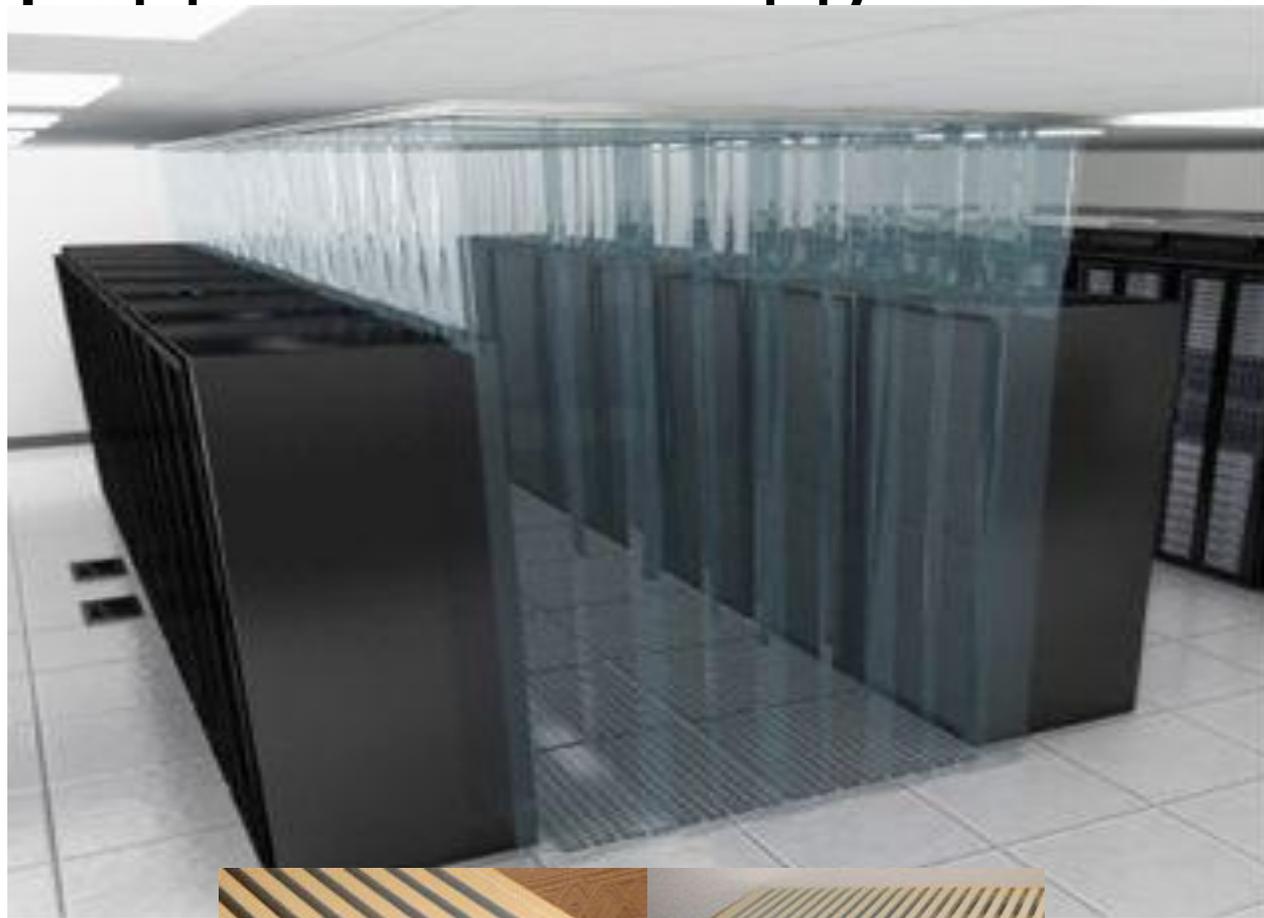
Эффективность охлаждения
> +50%

или

Потребляемая мощность
системы кондиционирования
-60%

Примечание: результаты приведены для конкретного проекта и могут быть изменены в зависимости от объекта.

Распределение воздуха

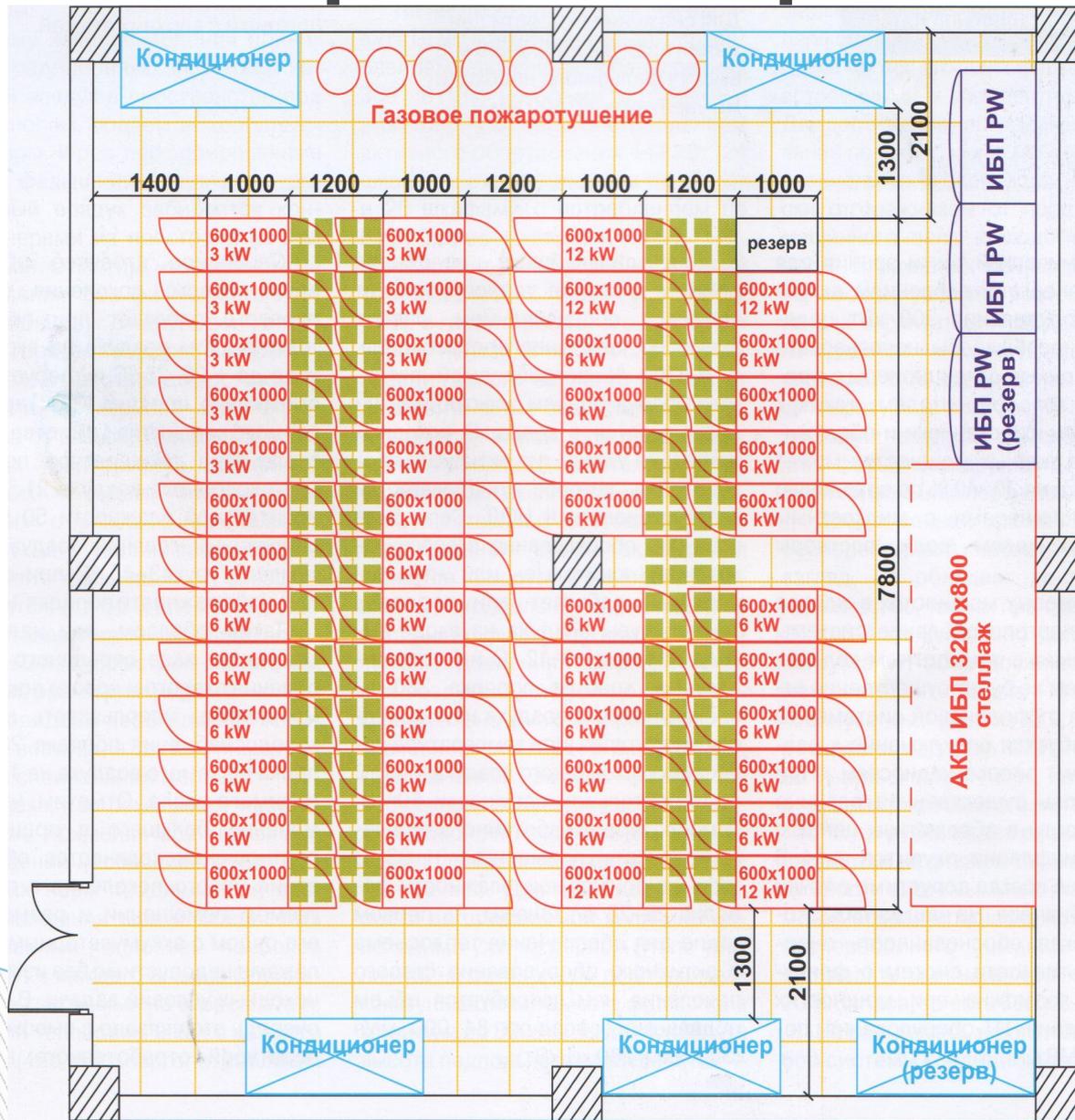


Высокое тепловыделение



Перфорированные плиты с большим живым сечением способны обеспечить необходимый расход воздуха для стоек с высоким тепловыделением

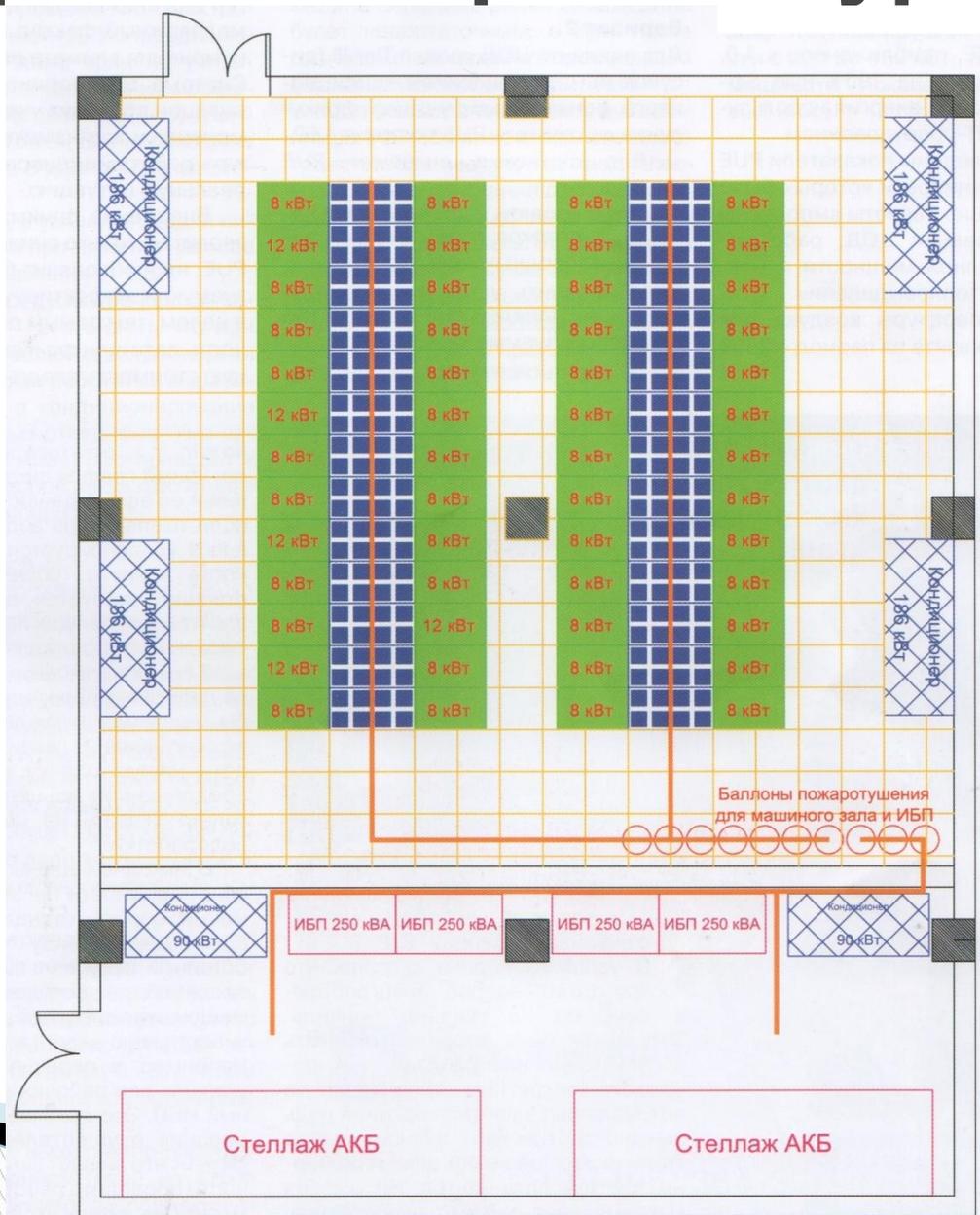
Планирование архитектуры ЦОД



Недостатки:

- Не предусмотрен пандус
- АКБ находятся в зоне горячего коридора
- Необходимо изолировать холодные коридоры
- Необходима проверка высоты фальшпола
- Необходима проверка количества и пропускные способности перфорированных решеток
- АГПТ размещены в горячем коридоре

Планирование архитектуры ЦОД



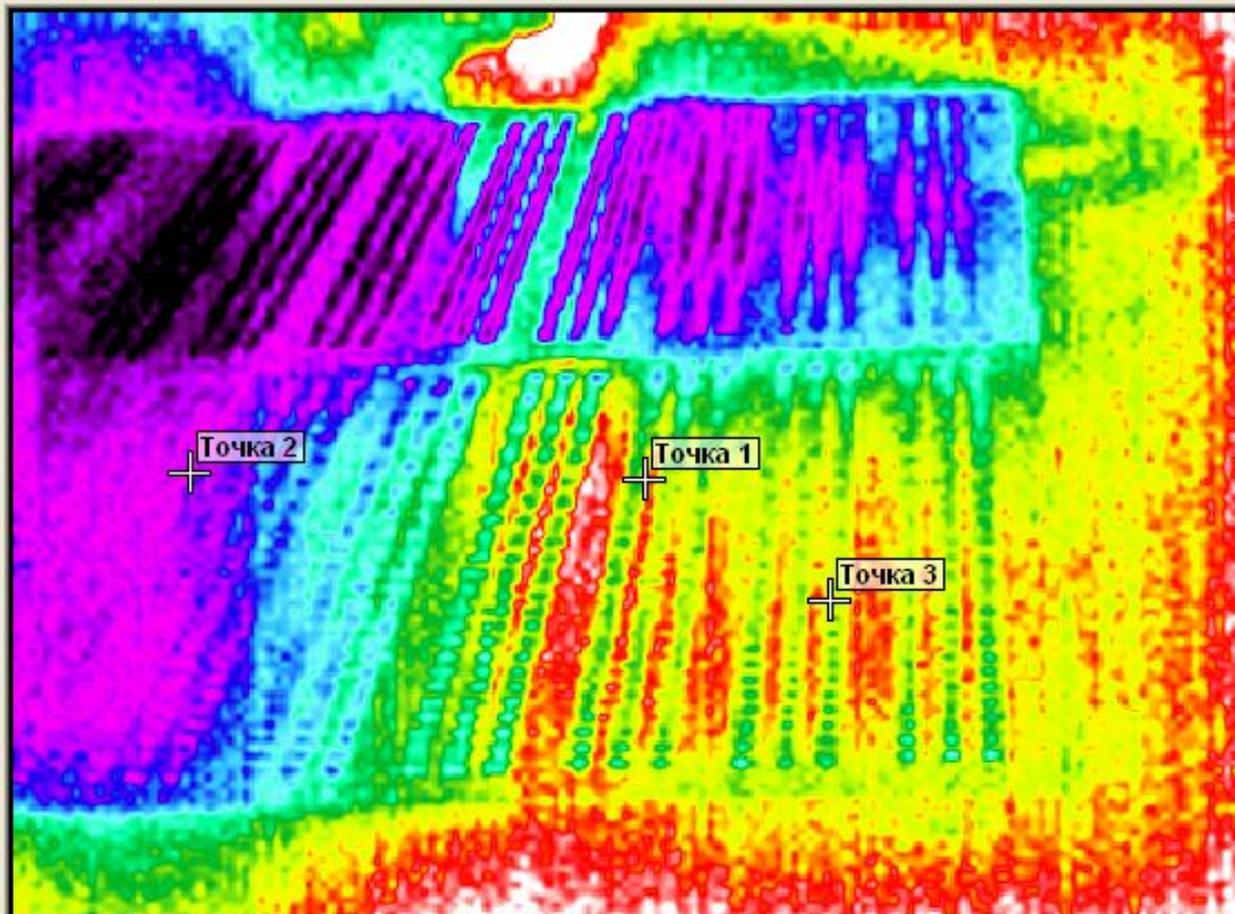
Раздача воздуха через решетки фальшпола

Не работающая решетка

Измерительные точки		
ID	Темпера	Позиция
Точка 1	21.4 °C	(82,57)
Точка 2	18.3 °C	(23,58)
Точка 3	20.9 °C	(106,41)
Точка 4	0.0 °C	(0,0)
Точка 5	0.0 °C	(0,0)
Точка 6	0.0 °C	(0,0)
Точка 7	0.0 °C	(0,0)
Точка 8	0.0 °C	(0,0)
Точка 9	0.0 °C	(0,0)
Точка 10	0.0 °C	(0,0)

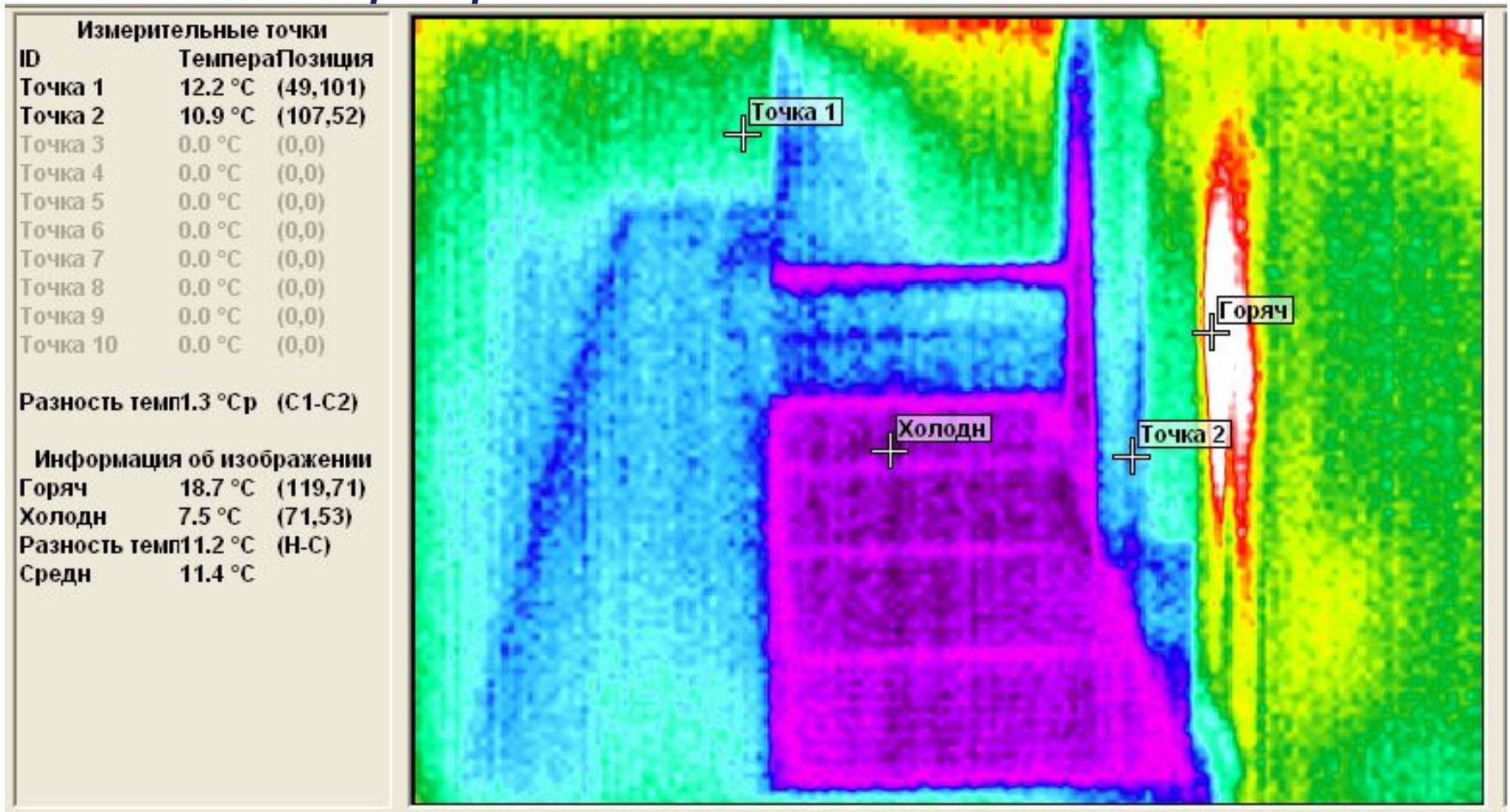
Разность темп 3.1 °Cp (C1-C2)

Информация об изображении		
Горяч	23.0 °C	(71,118)
Холодн	16.5 °C	(26,90)
Разность темп	6.5 °Cp	(H-C)
Средн	19.9 °C	



Раздача воздуха через решетки фальшпола

Холодный коридор



Раздача воздуха через решетки фальшпола

Равномерное распределение

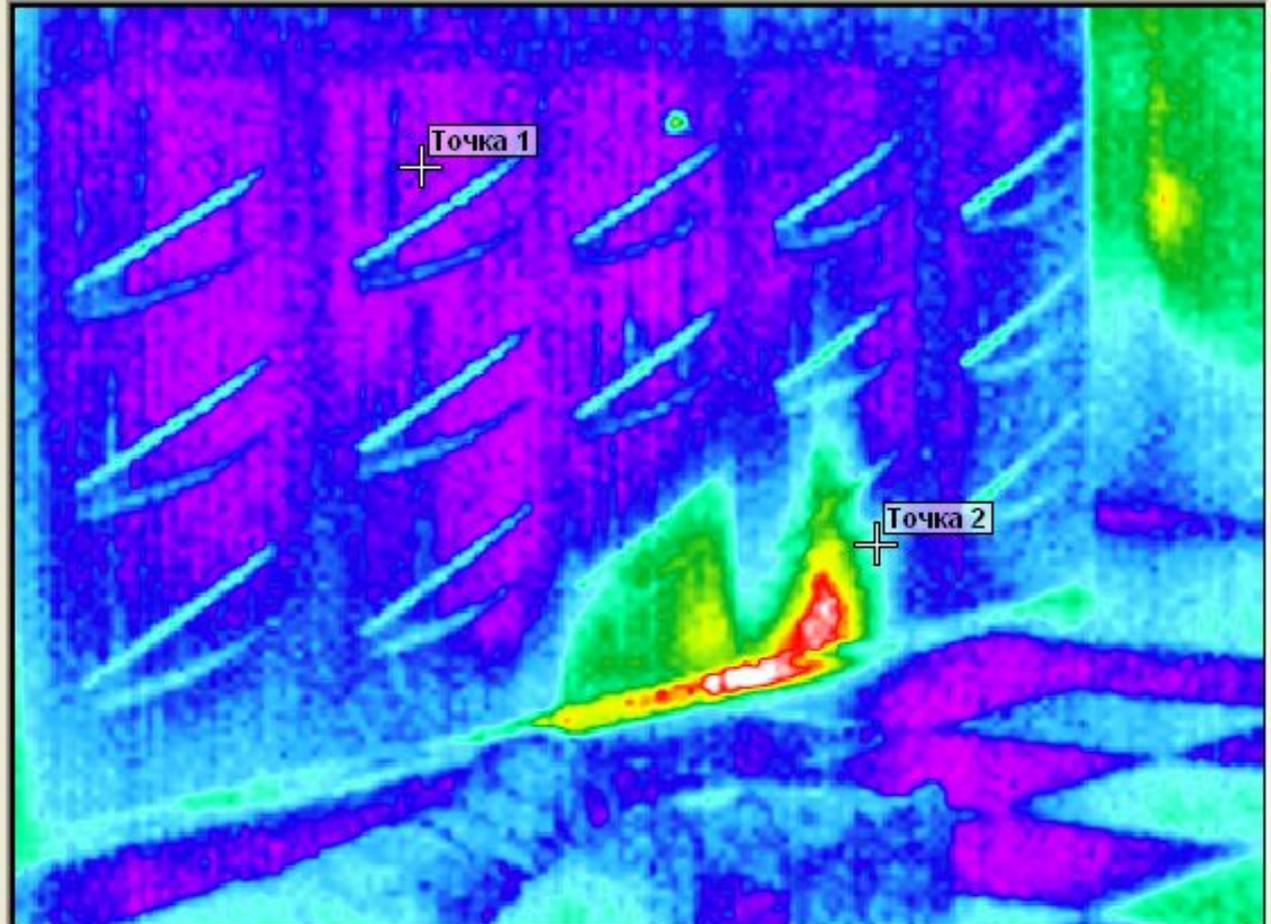
Измерительные точки

ID	Темпера	Позиция
Точка 1	7.0 °C	(52,98)
Точка 2	9.0 °C	(110,49)
Точка 3	0.0 °C	(0,0)
Точка 4	0.0 °C	(0,0)
Точка 5	0.0 °C	(0,0)
Точка 6	0.0 °C	(0,0)
Точка 7	0.0 °C	(0,0)
Точка 8	0.0 °C	(0,0)
Точка 9	0.0 °C	(0,0)
Точка 10	0.0 °C	(0,0)

Разность темп-2.0 °C) (C1-C2)

Информация об изображении

Горяч	15.0 °C	(93,32)
Холодн	6.3 °C	(119,19)
Разность темп	8.7 °C	(Н-С)
Средн	8.1 °C	



А если увеличить мощность до 10кВт на стойку?



- Возможности подачи через фальшпол
- ограничены, поэтому не весь требуемый объём
- воздуха можно подать таким образом

Охлаждение воздуха в помещении

Подход, основанный на охлаждении воздуха в помещении, **не может удовлетворить потребностей охлаждения в случае высокой плотности тепловыделения** даже если принять следующие меры:



Увеличение высоты фальшпола

Минимальная требуемая высота фальшпола в зависимости от плотности тепловыделения для информационного центра площадью 1000 м²



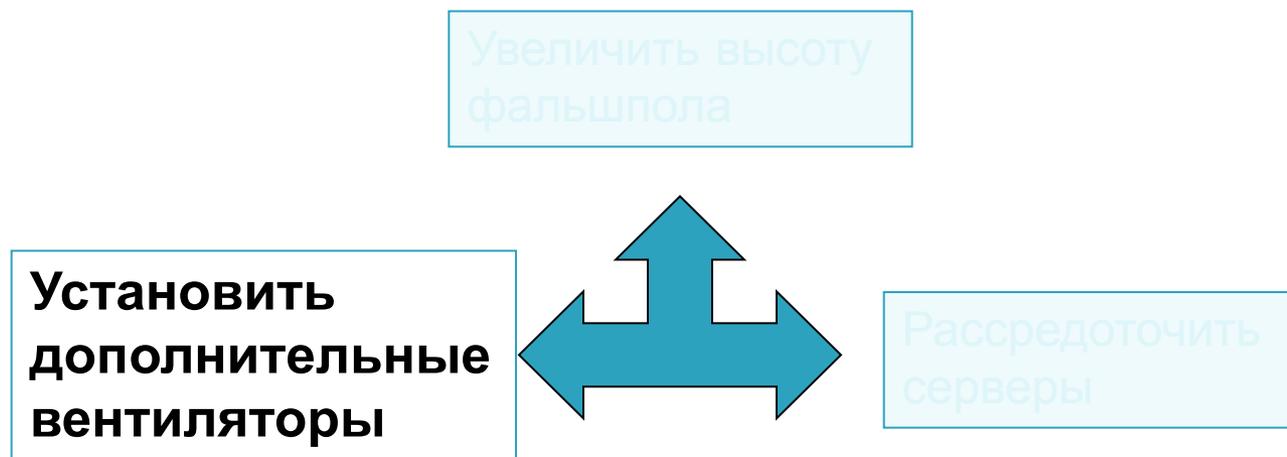
Охлаждение воздуха в помещении

Подход, основанный на охлаждении воздуха в помещении, **не может удовлетворить потребностей охлаждения в случае высокой плотности тепловыделения даже если принять следующие меры:**



Охлаждение воздуха в помещении

Подход, основанный на охлаждении воздуха в помещении, не может удовлетворить потребностей охлаждения в случае высокой плотности тепловыделения даже если принять следующие меры:



Установка вентилятора в стойки для решения проблемы высокой плотности тепловыделения

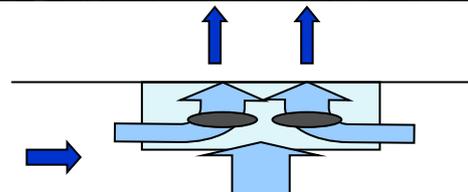
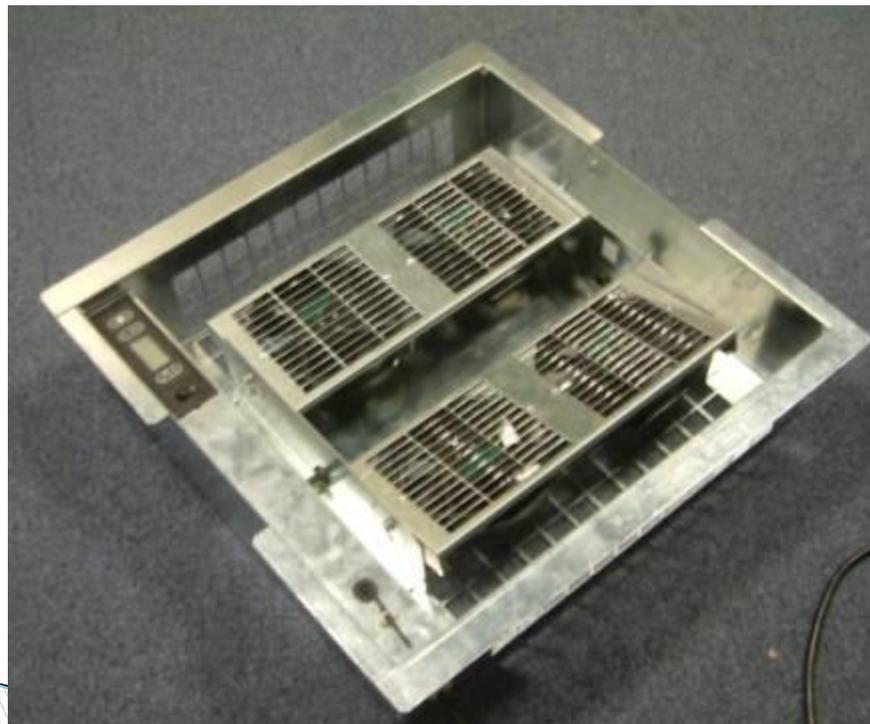
- Увеличивает энергопотребление
- Увеличивает тепловую нагрузку
- Увеличивает уровень шума
- Не обеспечивает теплоотвод
- Добавление 500 вентиляторов на участок увеличивает тепловую нагрузку на 100 - 200 кВт
 - Требуется дополнительная мощность охлаждения
 - Требуются дополнительные базовые блоки охлаждения



В случае высокой плотности тепловыделения такое решение не приводит к успеху

Устройства TU extreme мост к решениям системы

чтобы решить
проблему зон
перегрева



- большой расход воздуха ($> 1200 \text{ м}^3/\text{ч}$)
- возможность установки в зону перегрева
- высотой только 150 мм
- 4 компактных осевых вентилятора (52 дБА каждый, 0,9 кг каждый)
- энергопотребление: 66 Вт
- различное положение вентиляторов: возможность направлять поток воздуха
- 10 возможных скоростей вентиляторов

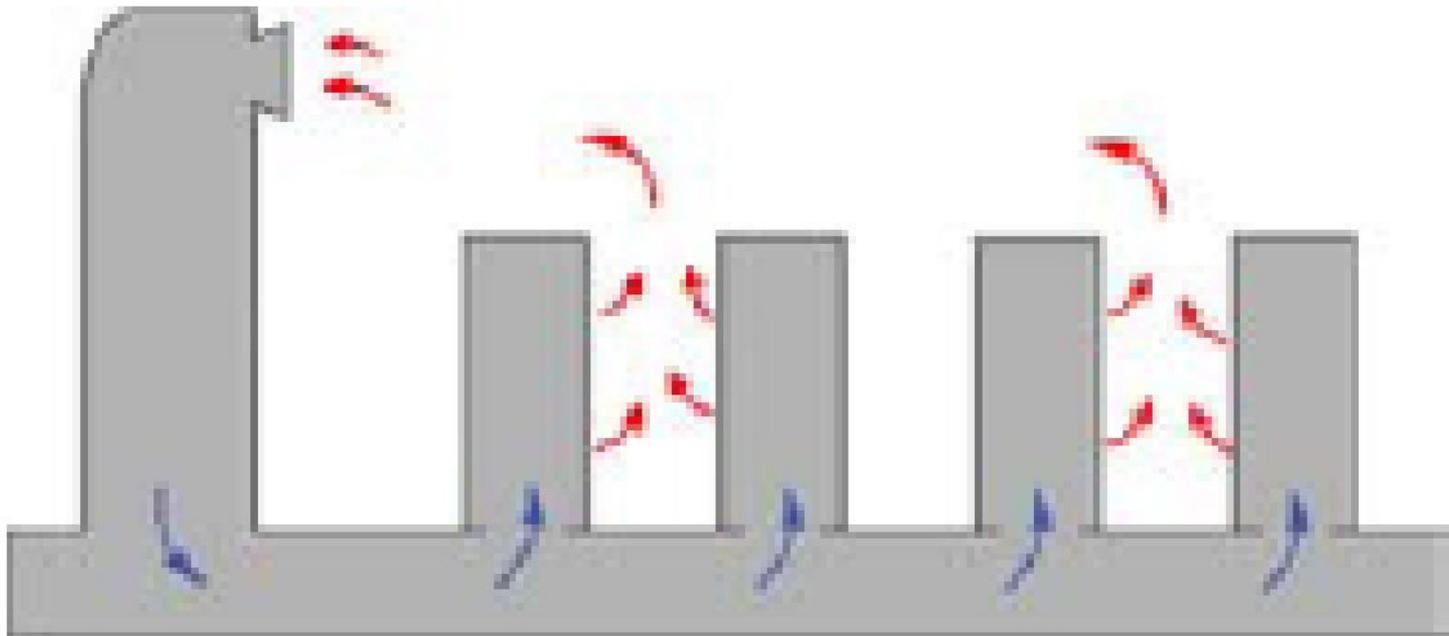
Заключение

- Тепловая нагрузка растёт экспоненциально
- Возможности традиционных систем охлаждения ограничены
 - Плотность тепловыделения не более 5 кВт на стойку
 - Суммарный расход воздуха ограничен
- Дополнительные меры не дают решения проблемы высокой плотности тепловыделения
 - Увеличение высоты фальшпола
 - Рассредоточение серверов
 - Установка в стойки дополнительных вентиляторов

*На базовом уровне воздушного кондиционирования по-прежнему требуется правильное распределение воздуха, фильтрация и контроль влажности
Необходимо решение радикально увеличивающее мощность охлаждения*

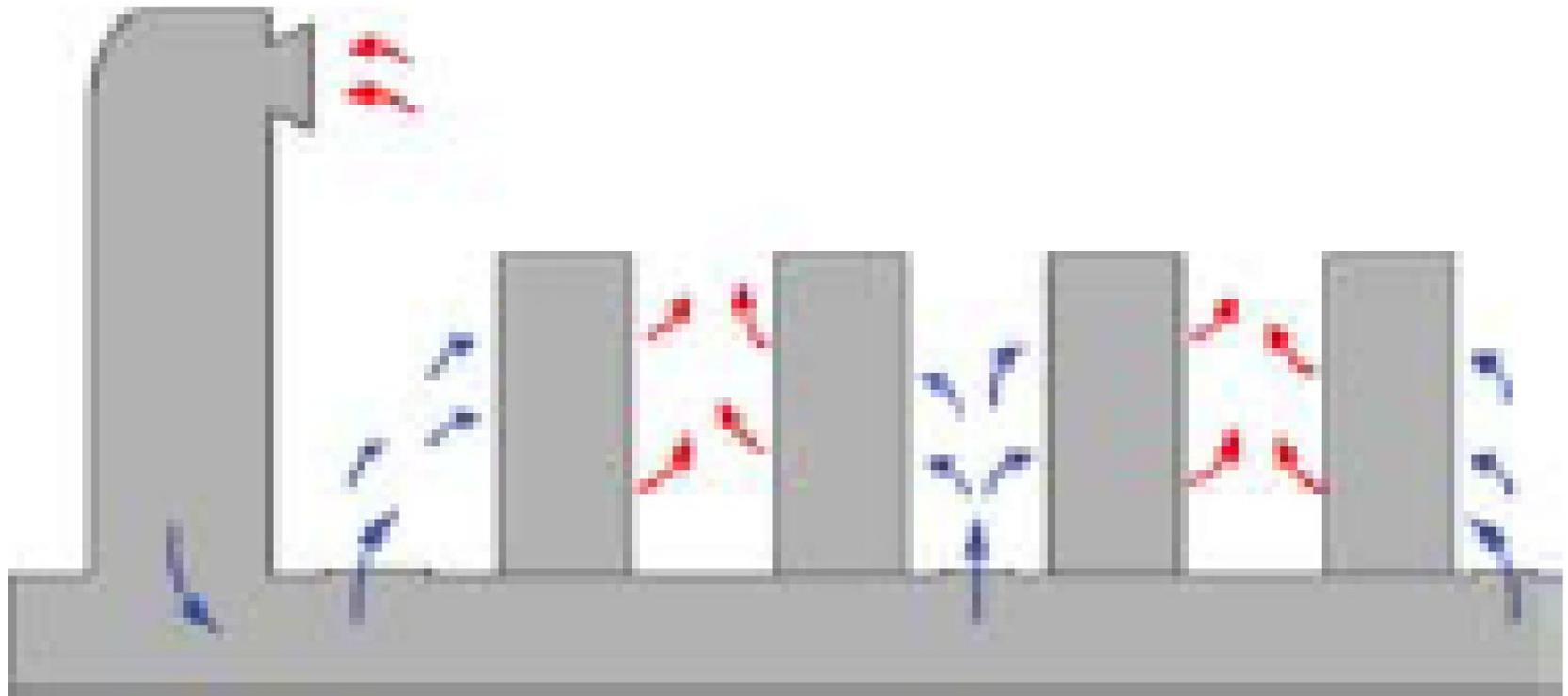
Распределение воздуха

Тепловыделение стойки до 3 кВт
Забор воздуха снизу стойки



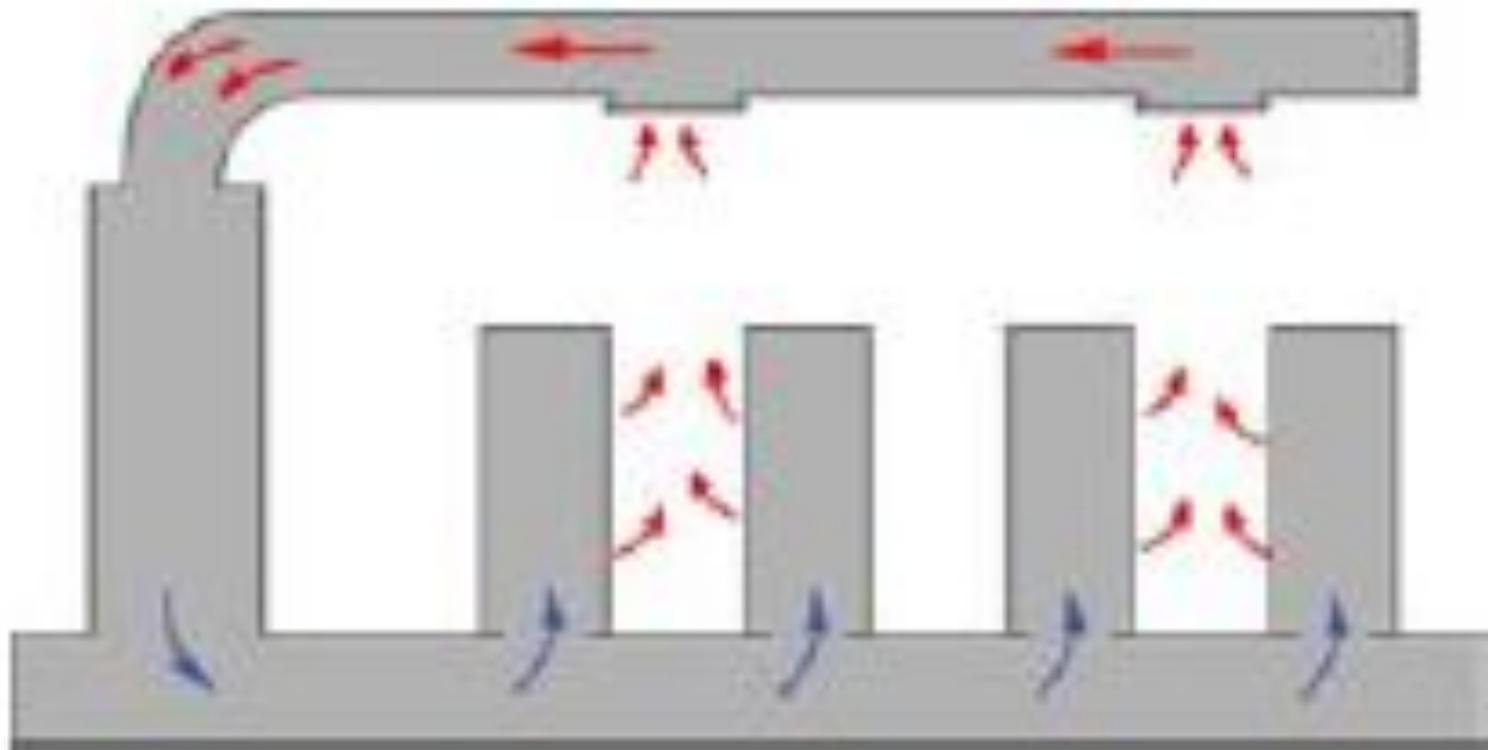
Распределение воздуха

*Тепловыделение стойки до 5 кВт
Забор воздуха с фронта стойки*



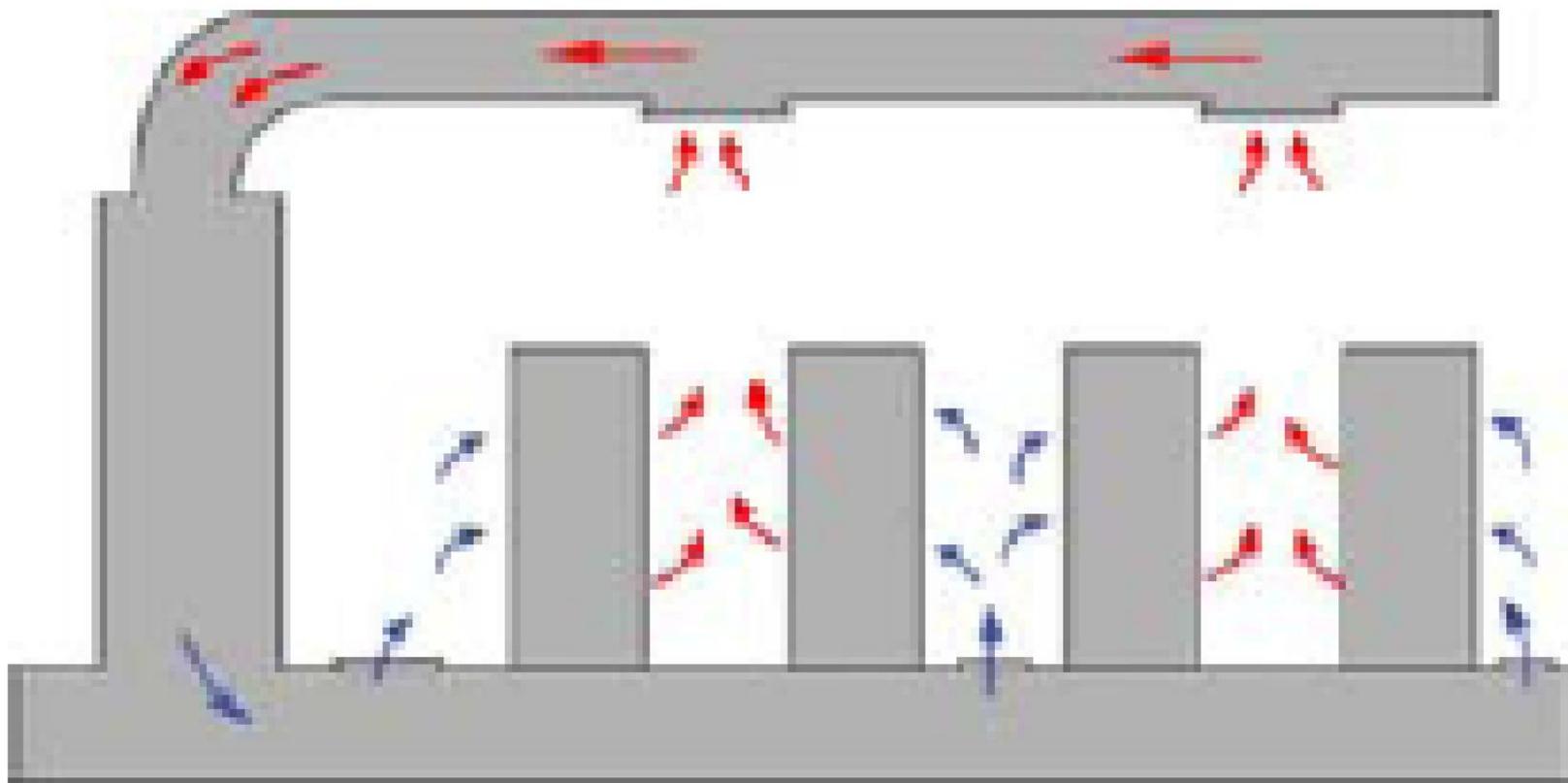
Распределение воздуха

Тепловыделение стойки до 5 кВт
Забор воздуха снизу стойки

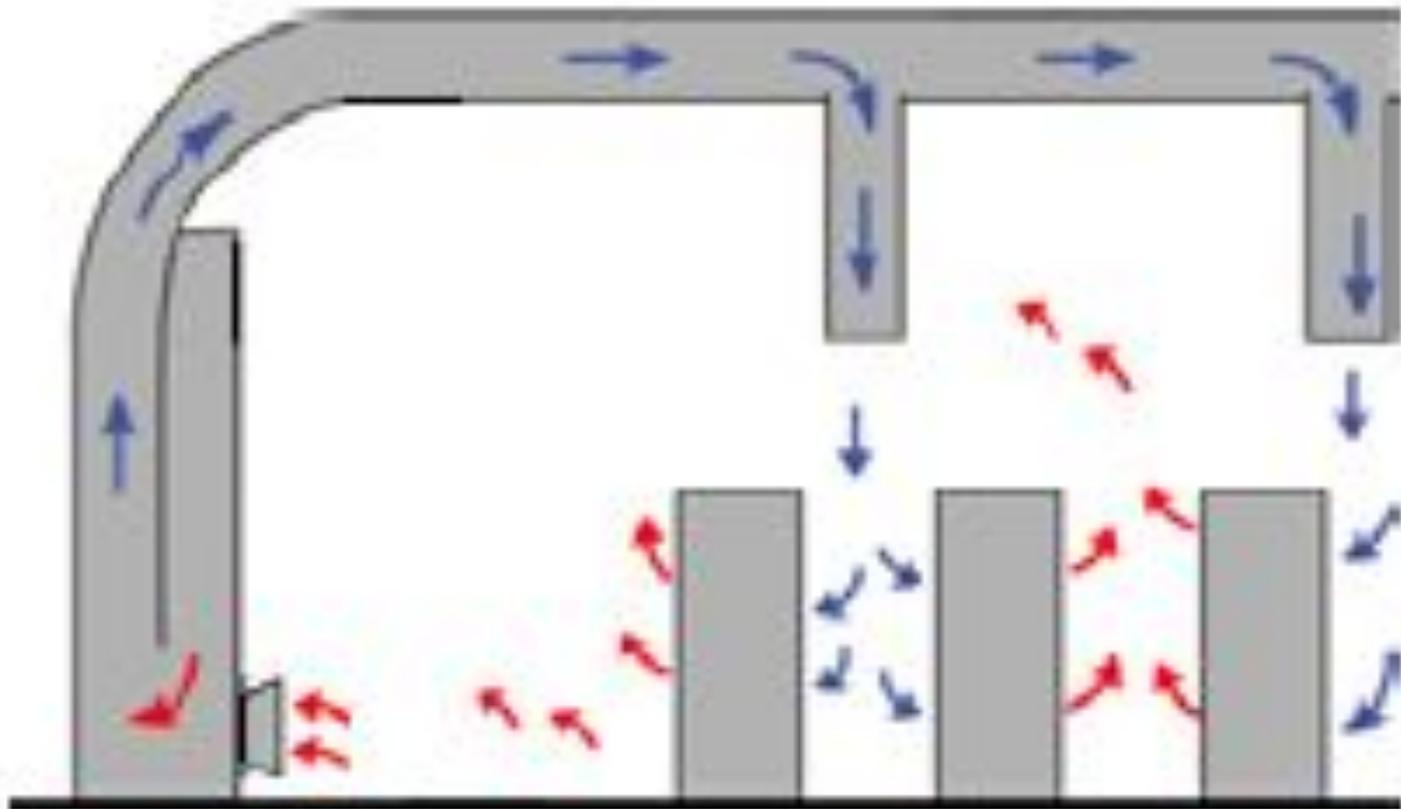


Распределение воздуха

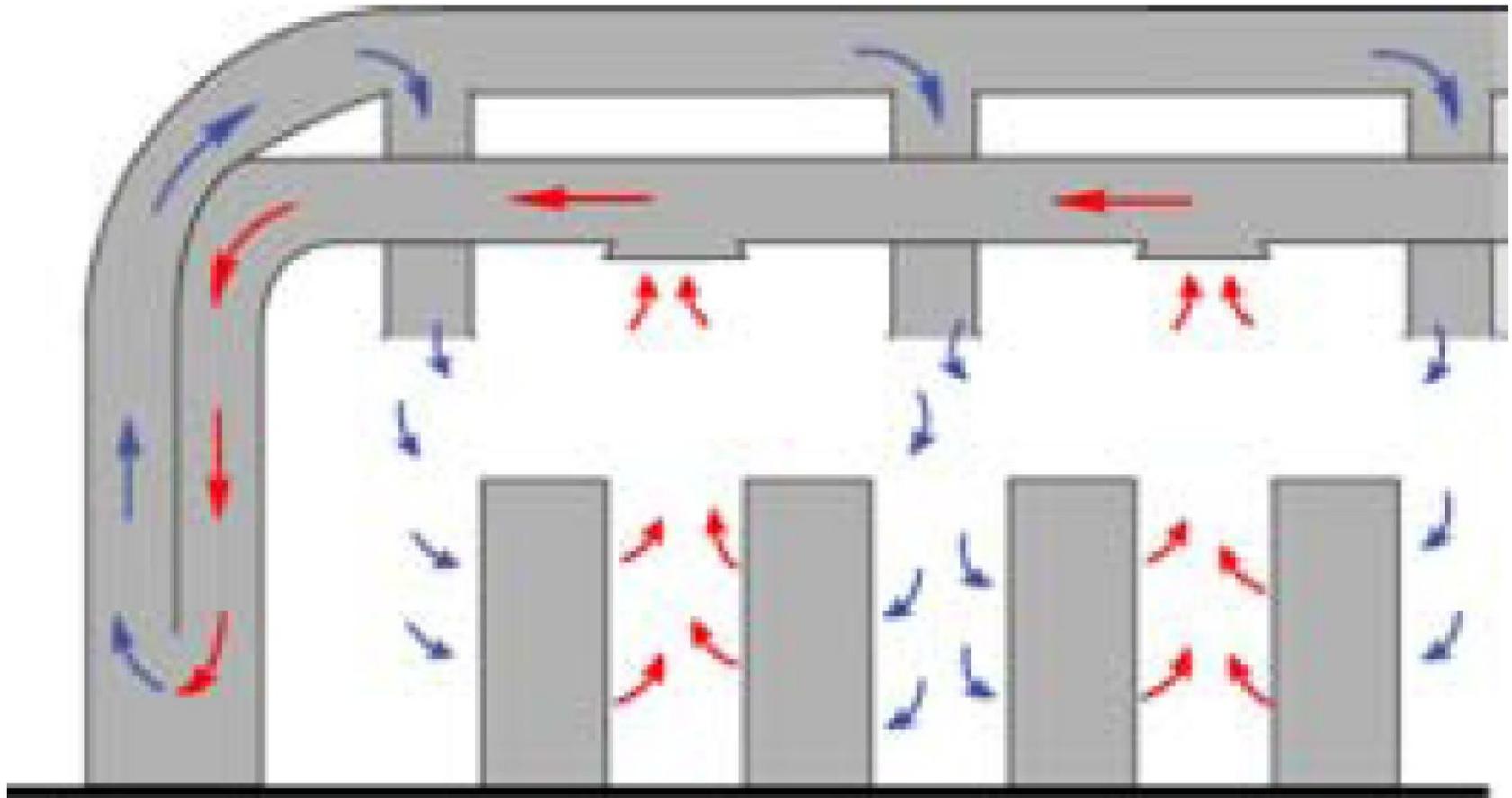
Тепловыделение стойки до 5 кВт
Забор воздуха снизу стойки



Распределение воздуха



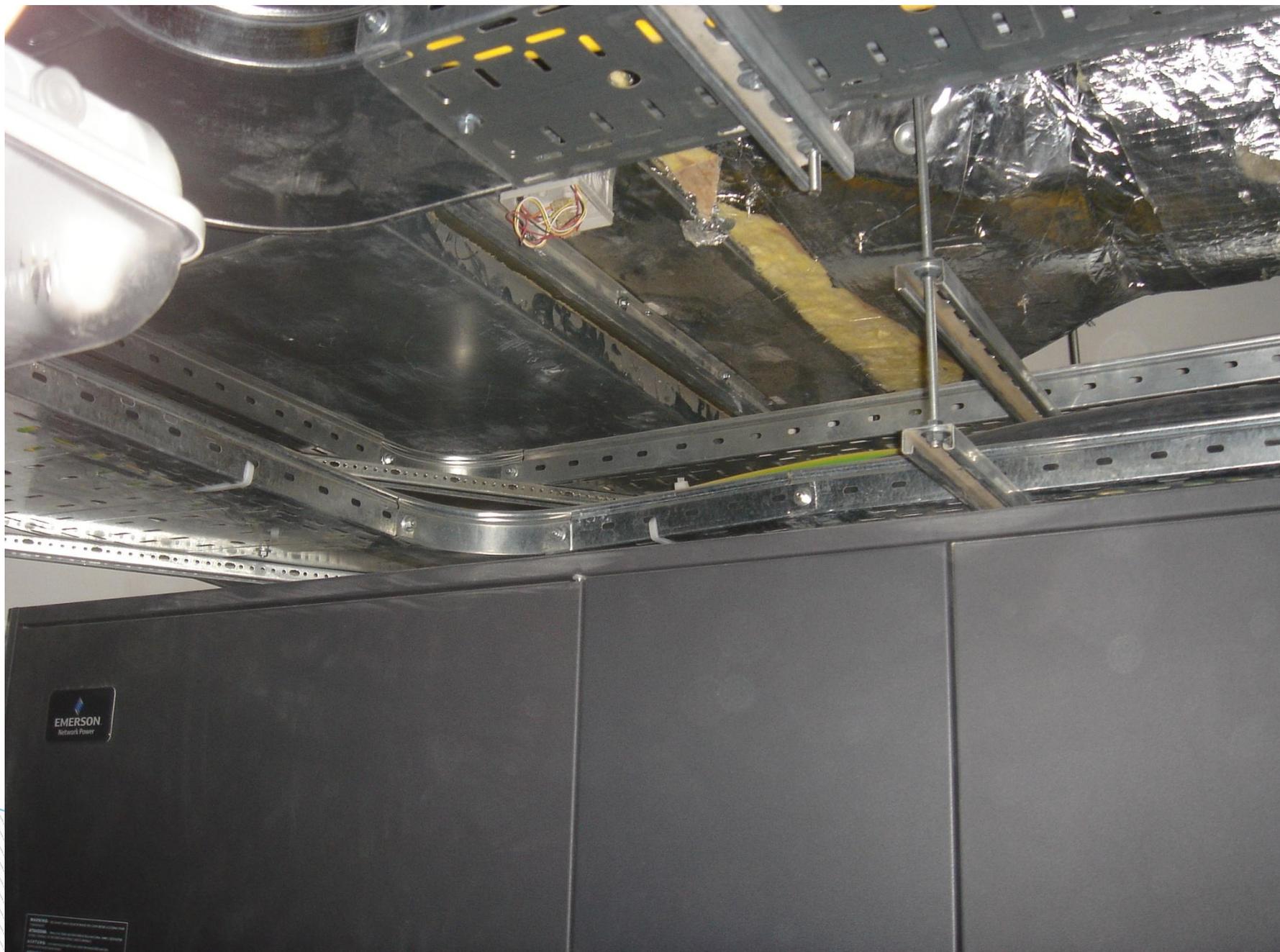
Распределение воздуха



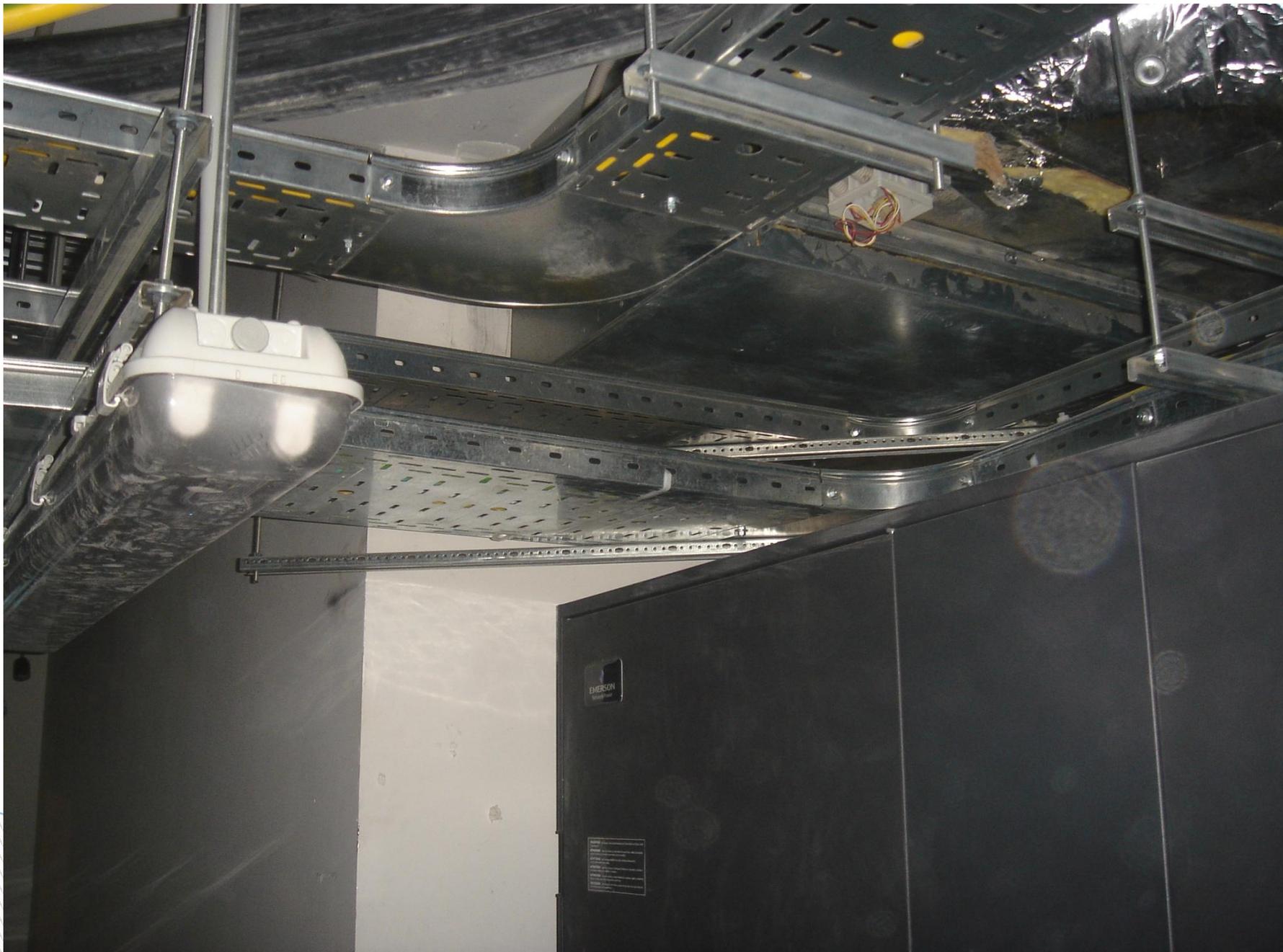
Расположение оборудования



Расположение оборудования



Расположение оборудования



Расположение оборудования



Расположение оборудования



Расположение оборудования



Расположение оборудования



Расположение оборудования



Расположение оборудования

