

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

Распределение воздуха



# Техническое задание

## Таблица потребляемых мощностей ЦОД

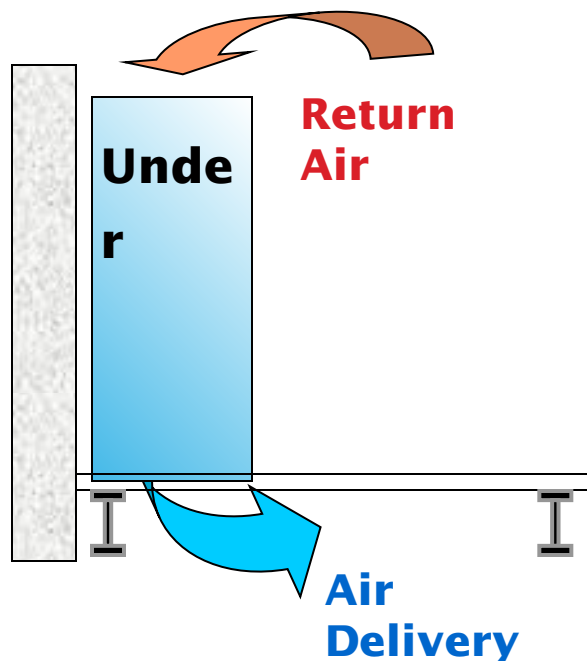
Наименование	Обозначение	Кол-во	Потр. мощность VA	**Тепловыделение ,Вт	Тепловыделения расч.тн.,кВт
SD	Сервер HP SuperDome	12	15840	8500	102
Прф	Шкаф с периферией	6	11400	11400	68,4
XP12000-DKC	Дисковый массив XP12000-DKC	4	9108	8000	32
XP12000-DKU	Дисковый массив XP12000-DKU	16	13200	6750	108
XP1024-DKC	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

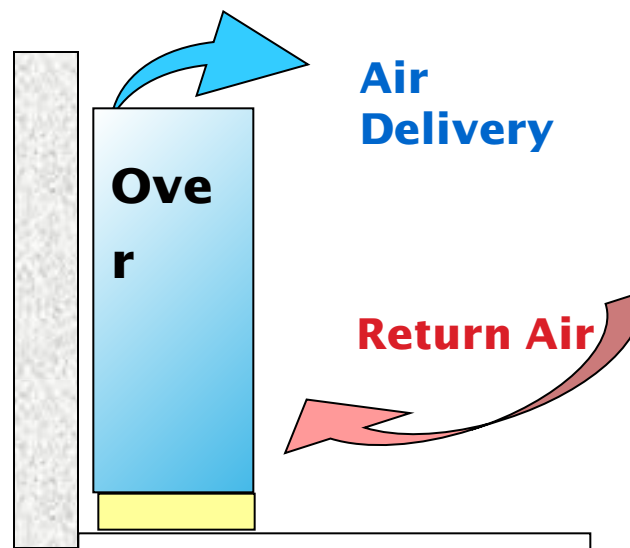
Обозн	Потр. мощность, кВт	Кол-во	Сумм. мощн., кВт	Тип питания	Габариты (ШхГ)	Забор воздуха	Выдув воздуха	Примечания (срок ввода)
SD	9.7kW	3	29.1	380V	762x1220	Спереди	Вверх	Воздухозабор с передней двери и нижней части задней двери. Выхлоп вверх
XP12 К	8kW	2	16	380V	950x1110	Спереди, сзади	Вверх	Воздухозабор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

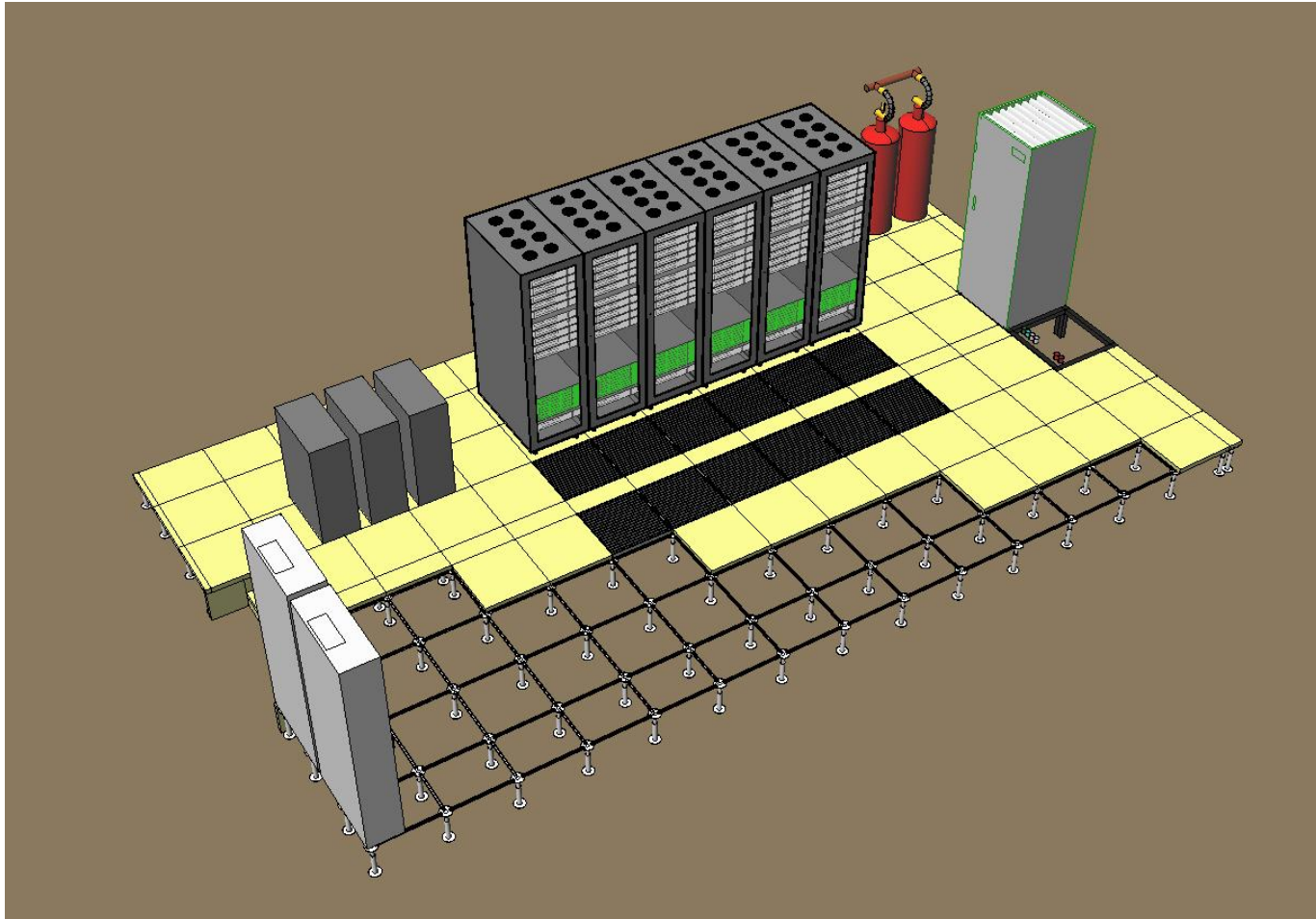


- Большие помещения с тепловыделениями ( $< 1500 \text{ Вт/м}^2$ )
- Подача воздуха под фальшпол
- Забор воздуха с верхней зоны
- Применяется более чем в 50% помещений ЦОД



- 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

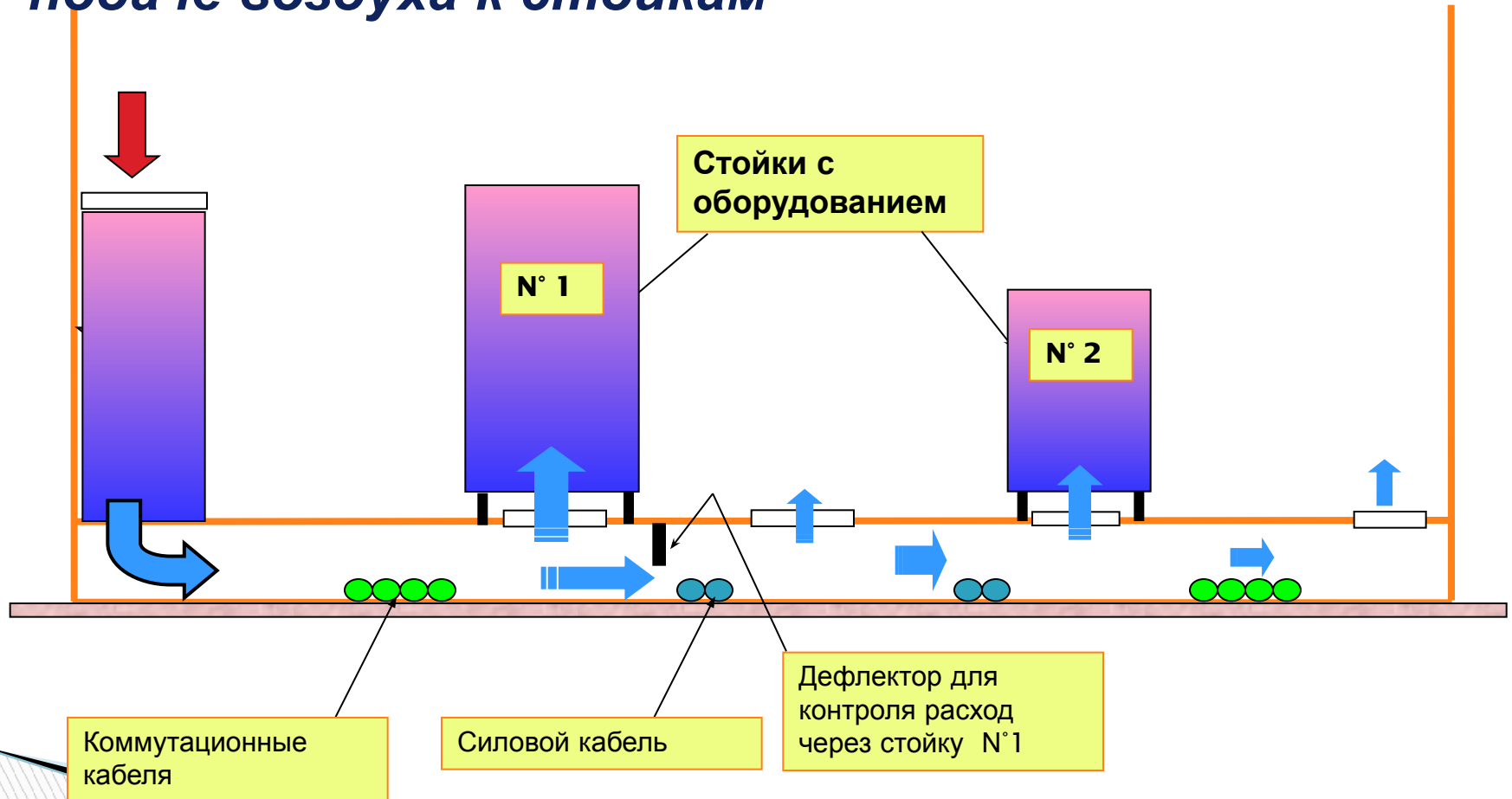
# Кондиционеры с нижней подачей воздуха



$V = L / (3600 \times F)$  – м/сек  
 $L$  – расход воздуха м<sup>3</sup>/час  
 $F$  – площадь сечения – м<sup>2</sup>

# Распределение воздуха в зоне фальшпола

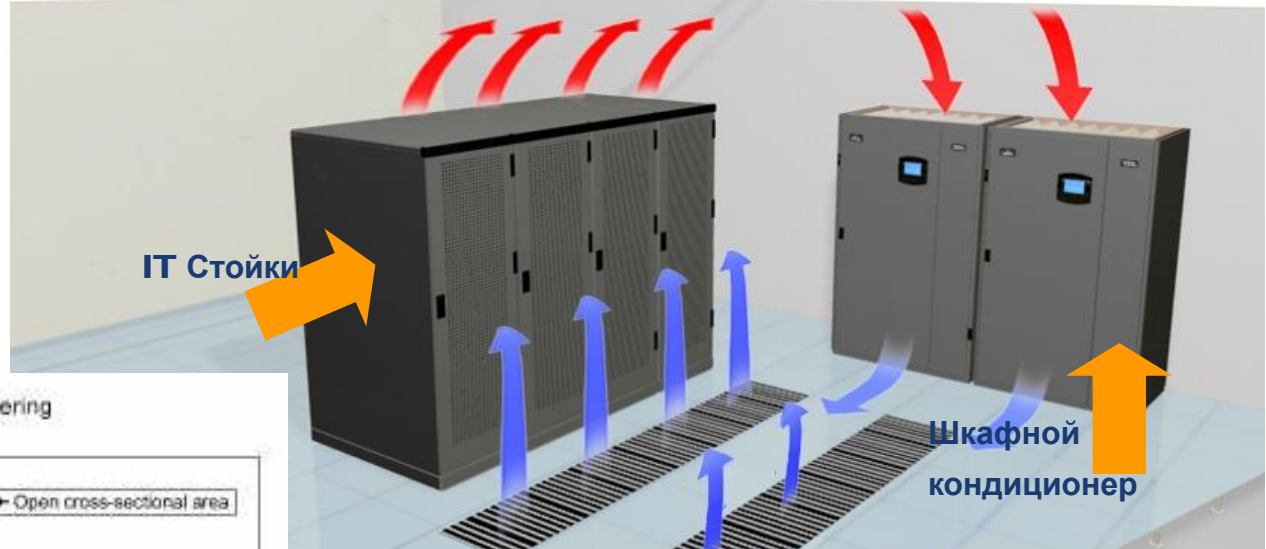
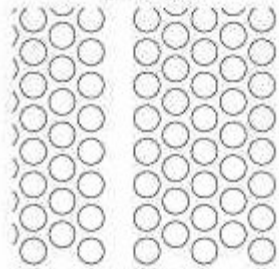
## Основные проблемы возникающие при подаче воздуха к стойкам



# Распределение воздуха через панели

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

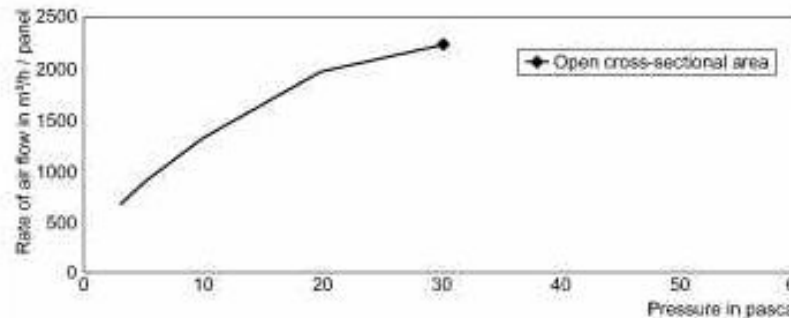
Fig. 23 The Ventec S 36 R 28 with 12-mm diameter of perforation



IT Стойки

Шкафной кондиционер

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



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

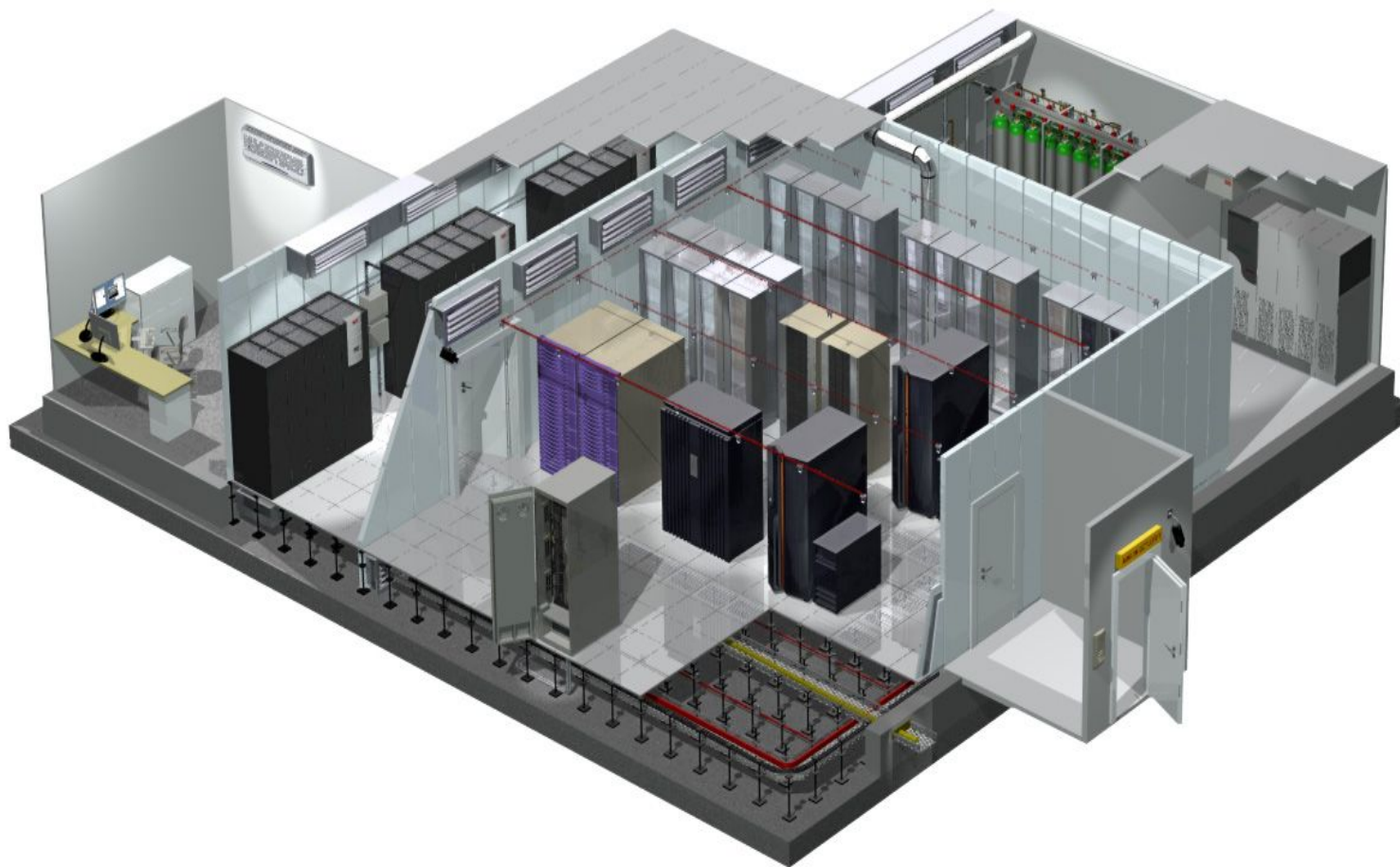
где:

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

**G обор.** - расход воздуха подающейся непосредственно в стойку

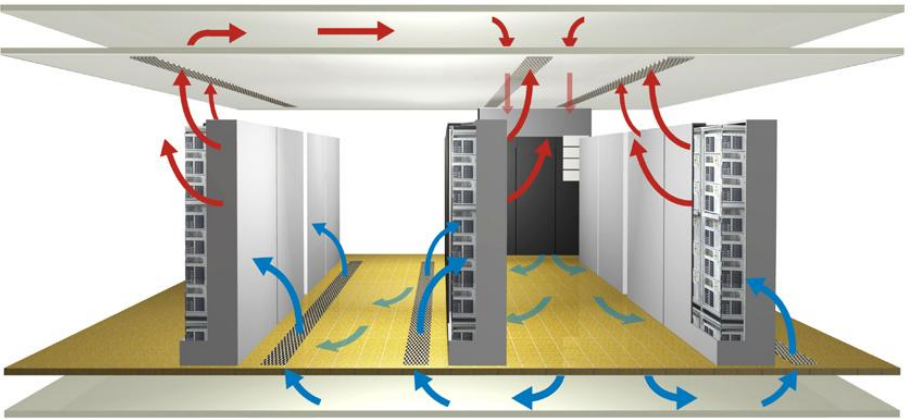
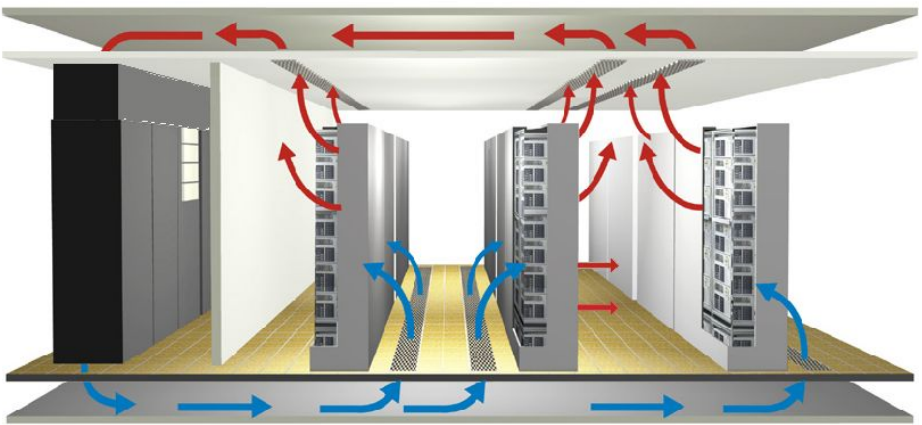
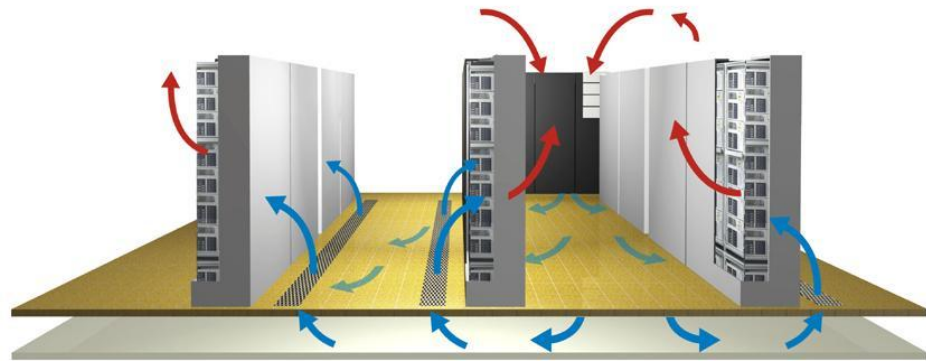
**G решетка** - номинальный расход воздуха через одну решетку при расчетном давлении (см. график)

# Кондиционирование воздуха в ЦОДах – „вчера“?



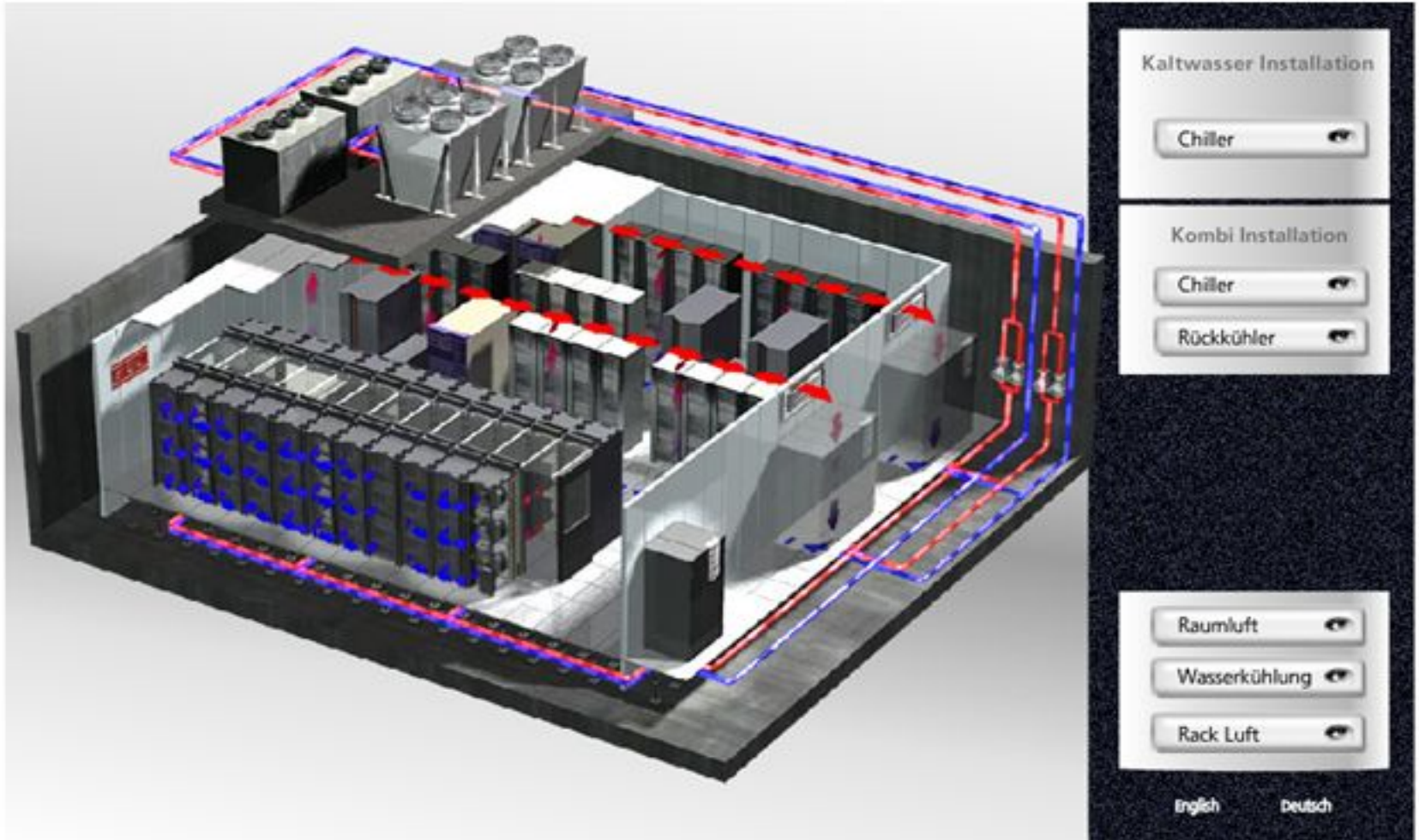


# Сегодняшняя цель: концепция чередующегося охлаждения проходов



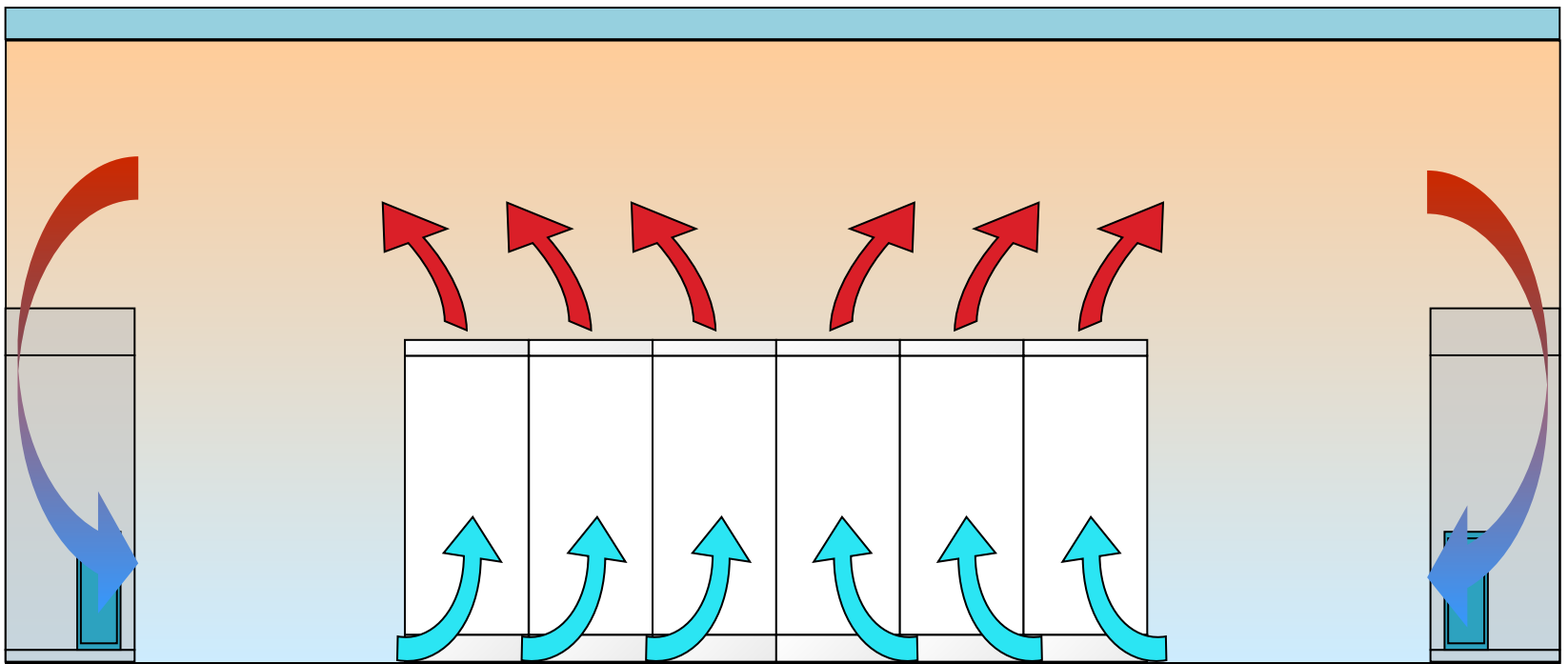
⇒ с разделением холодного и  
теплого (обратного) воздуха

...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

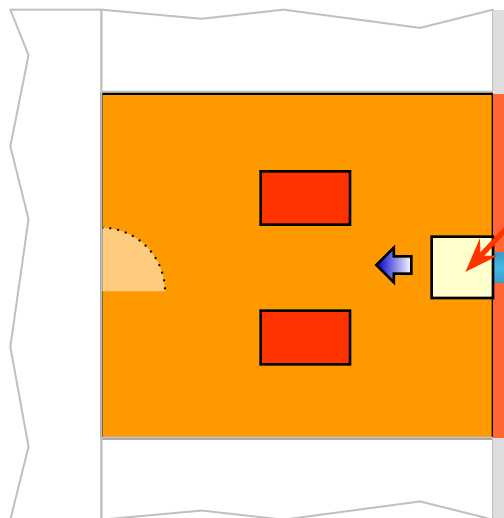


- Более высокий EER
- Не нужен фальш-пол
- Низкая скорость вращения вентилятора

# Установка



HPM S\_D

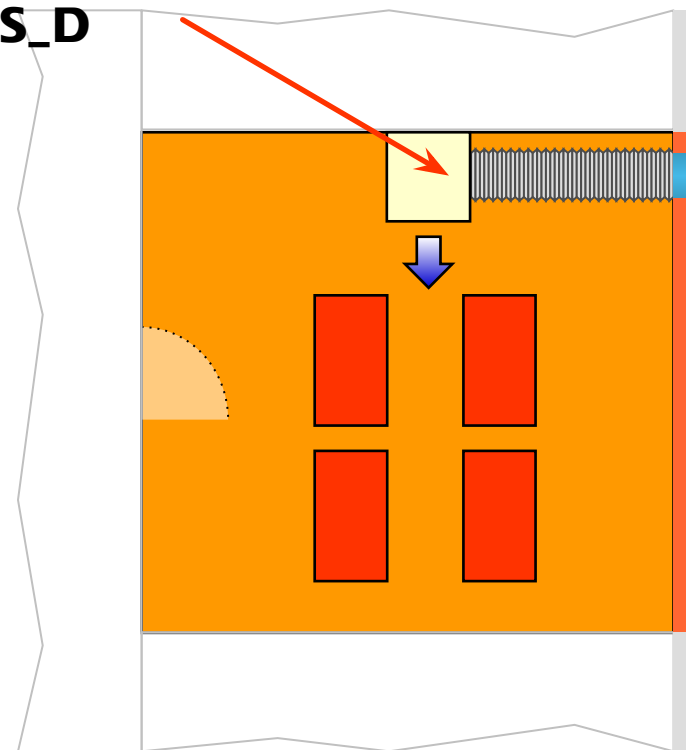


HPM  
S\_D

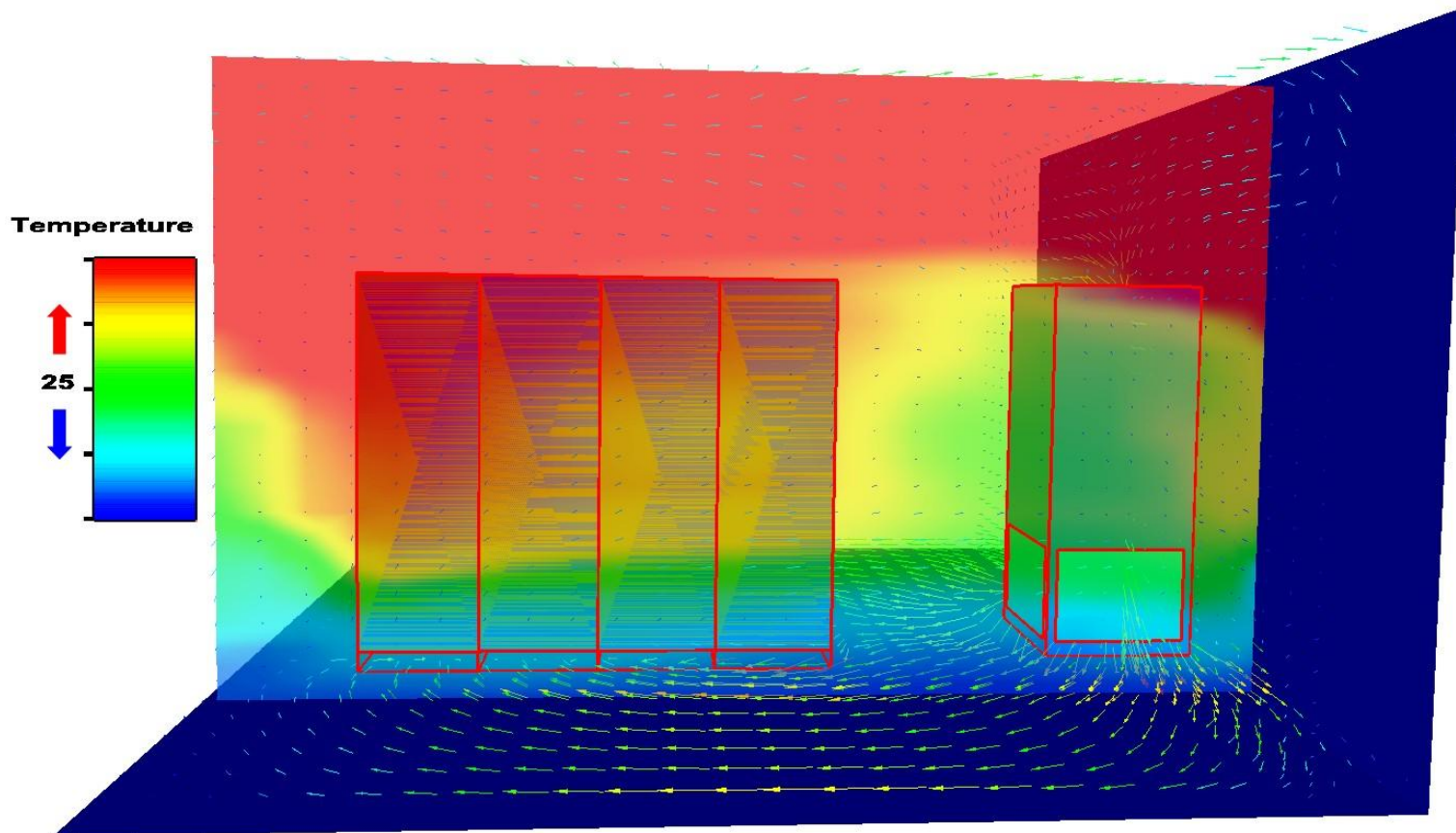
Установка напротив  
холодного коридора



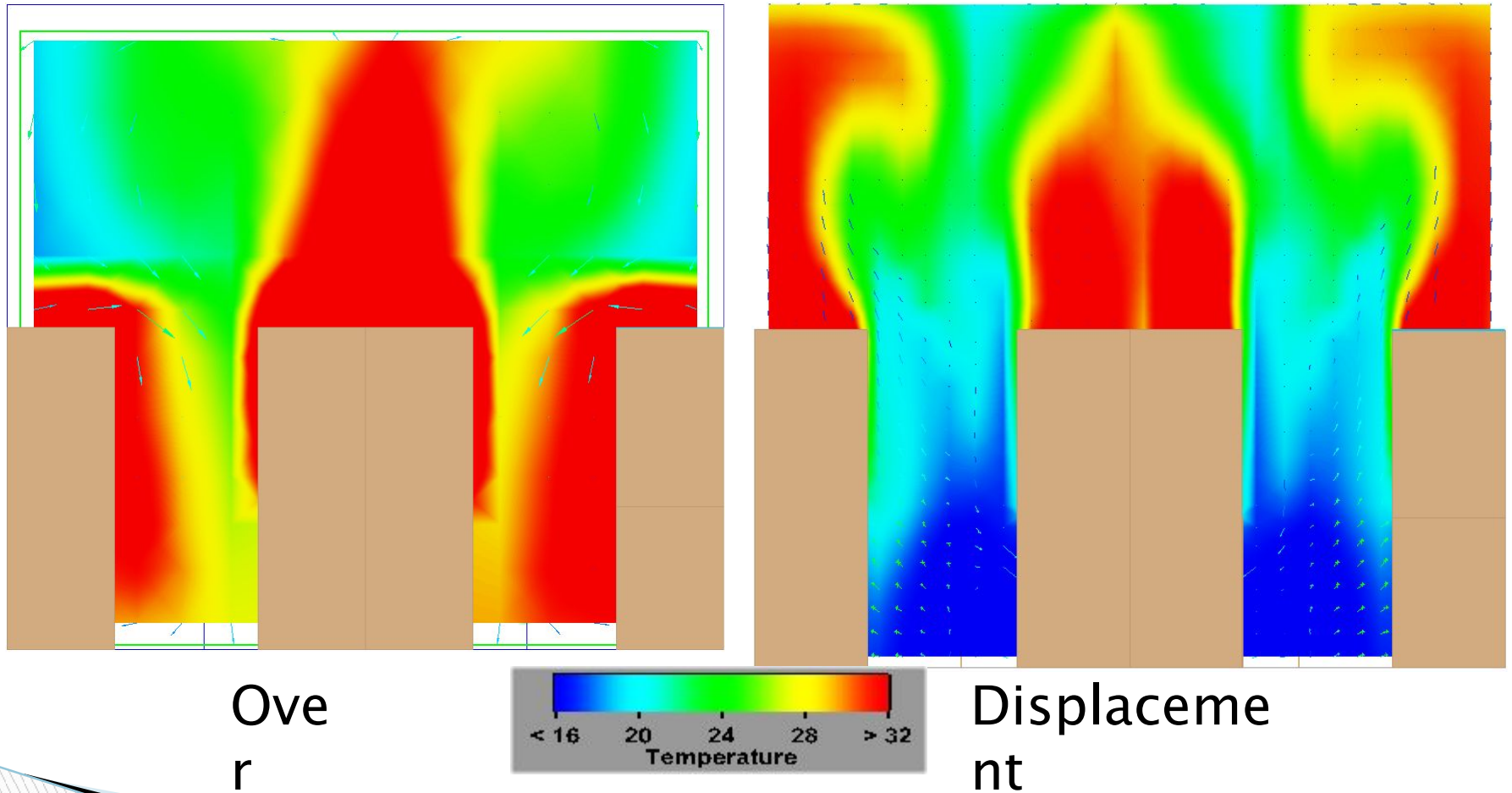
TLC  
СТОЙКИ



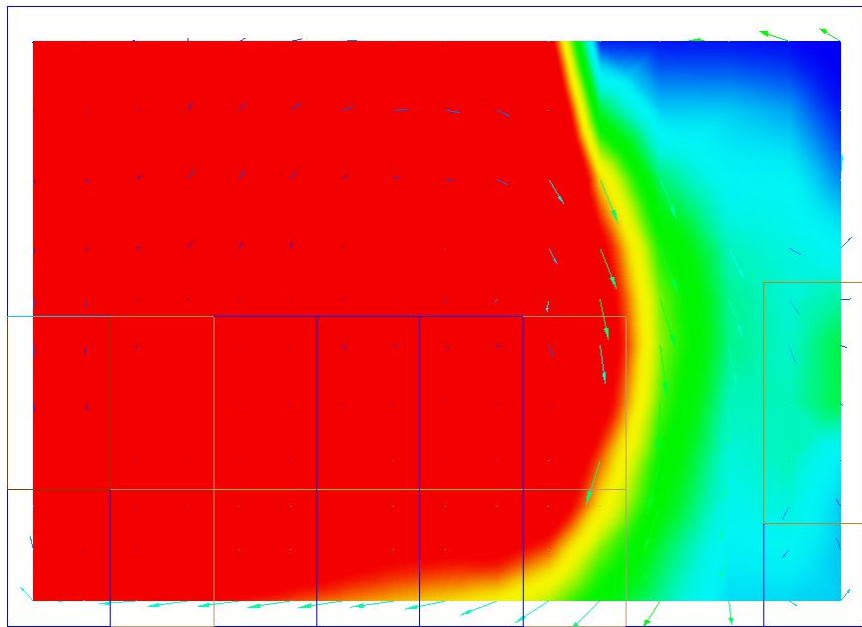
# HPM Displacement : Имитация воздушного потока



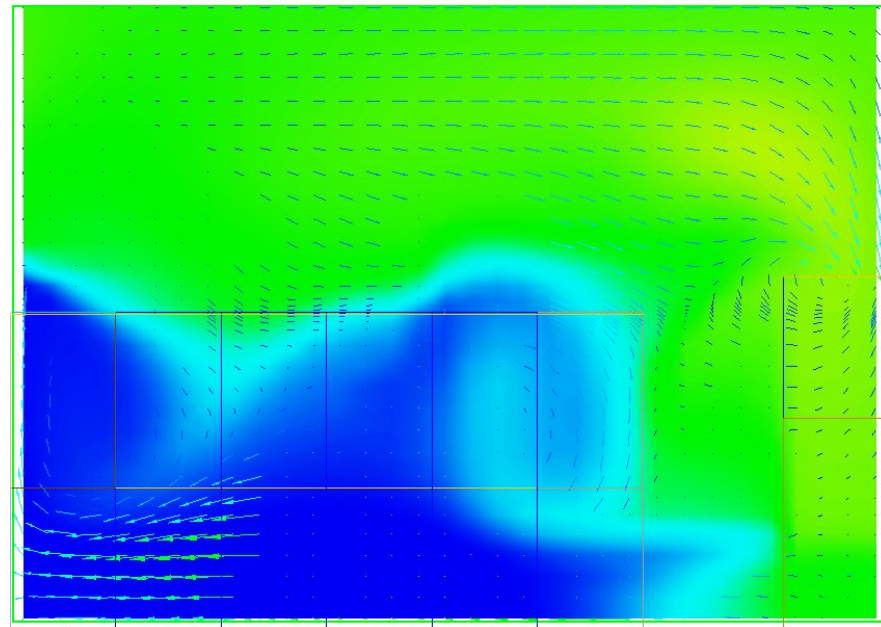
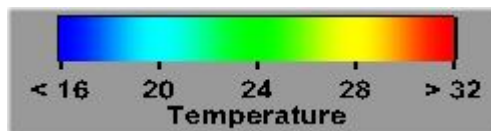
# HPM Displacement : Имитация воздушного потока



# *HPM Displacement : Имитация воздушного потока*



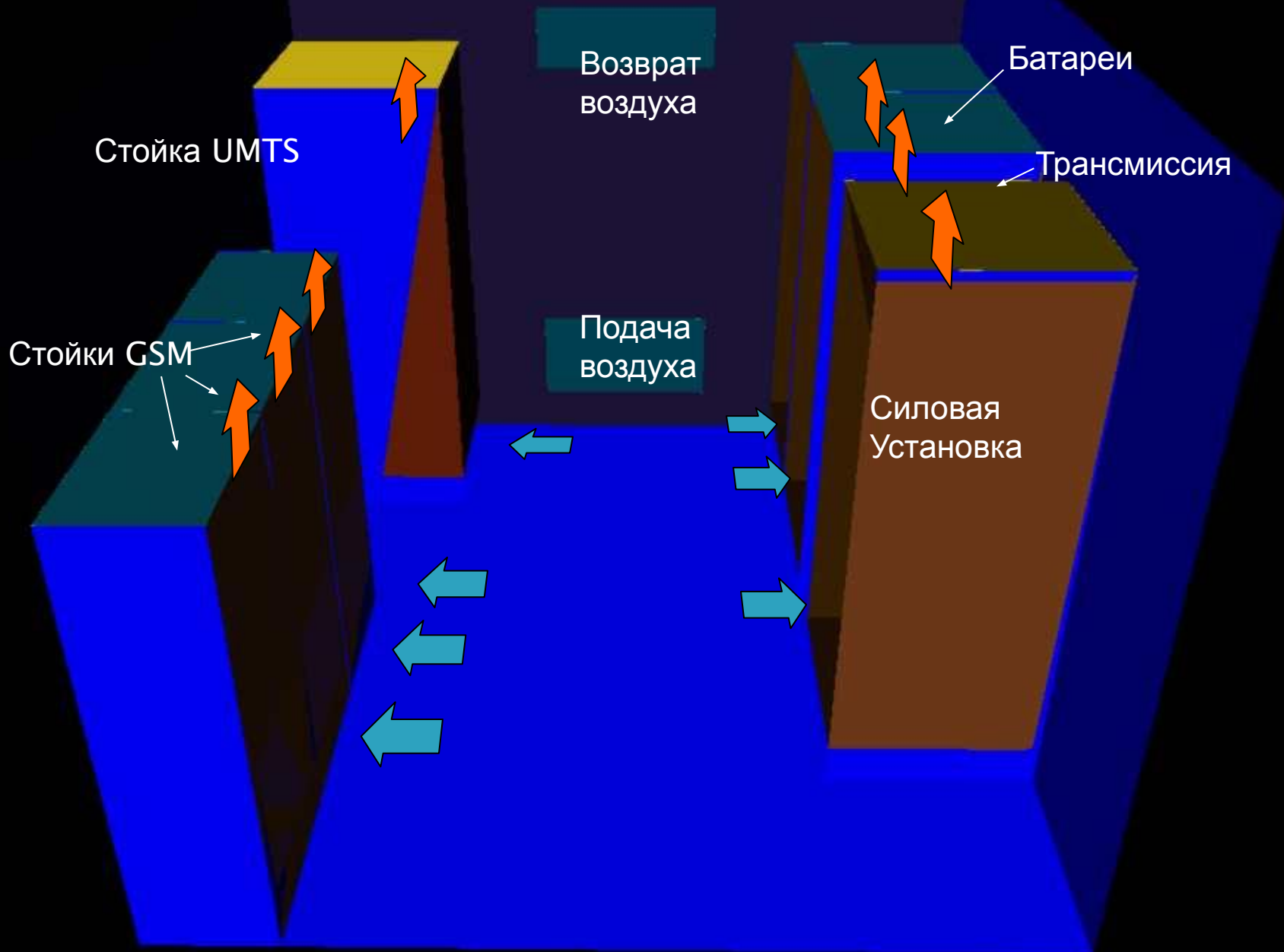
Over  
r

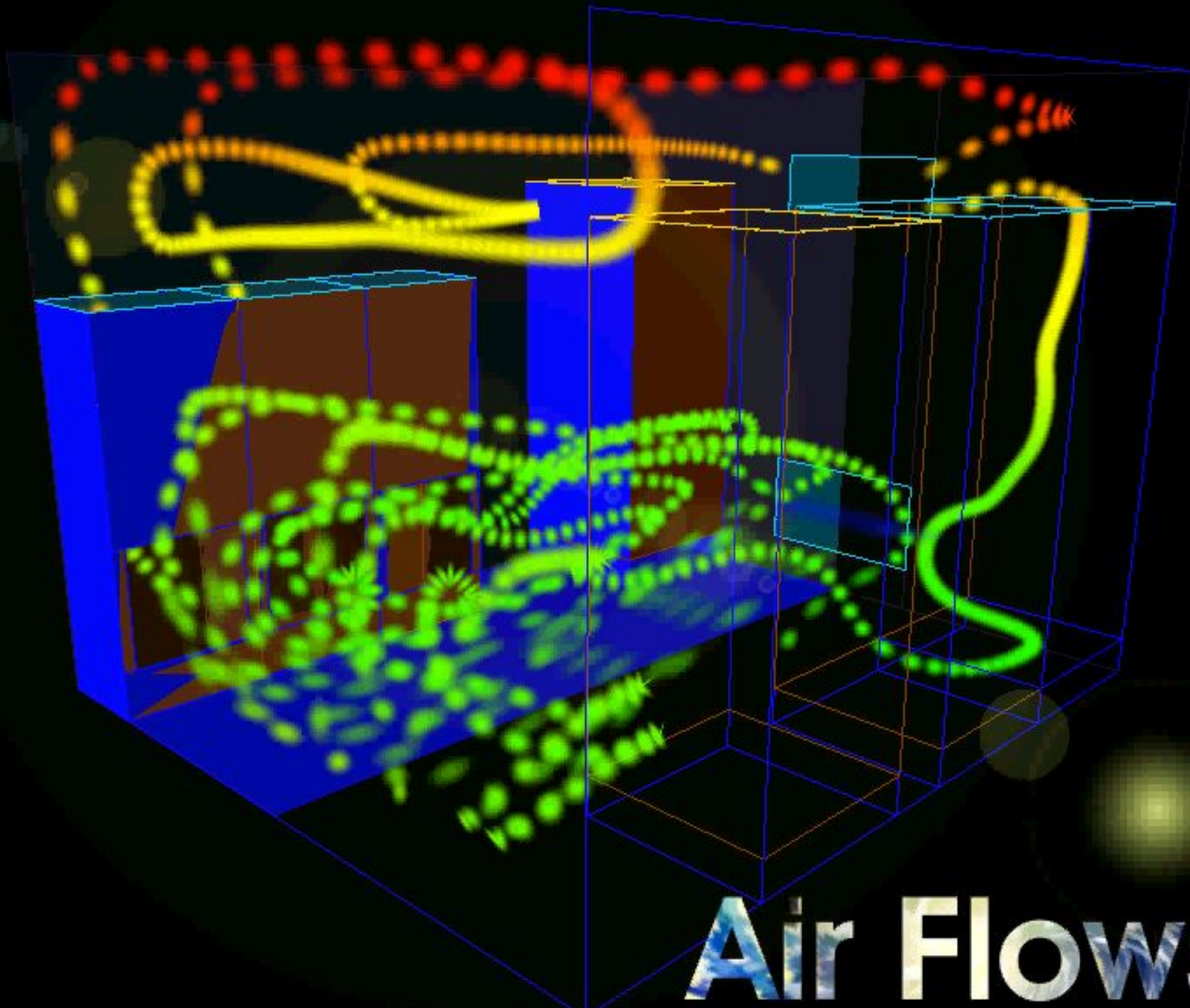


Displaceme  
nt



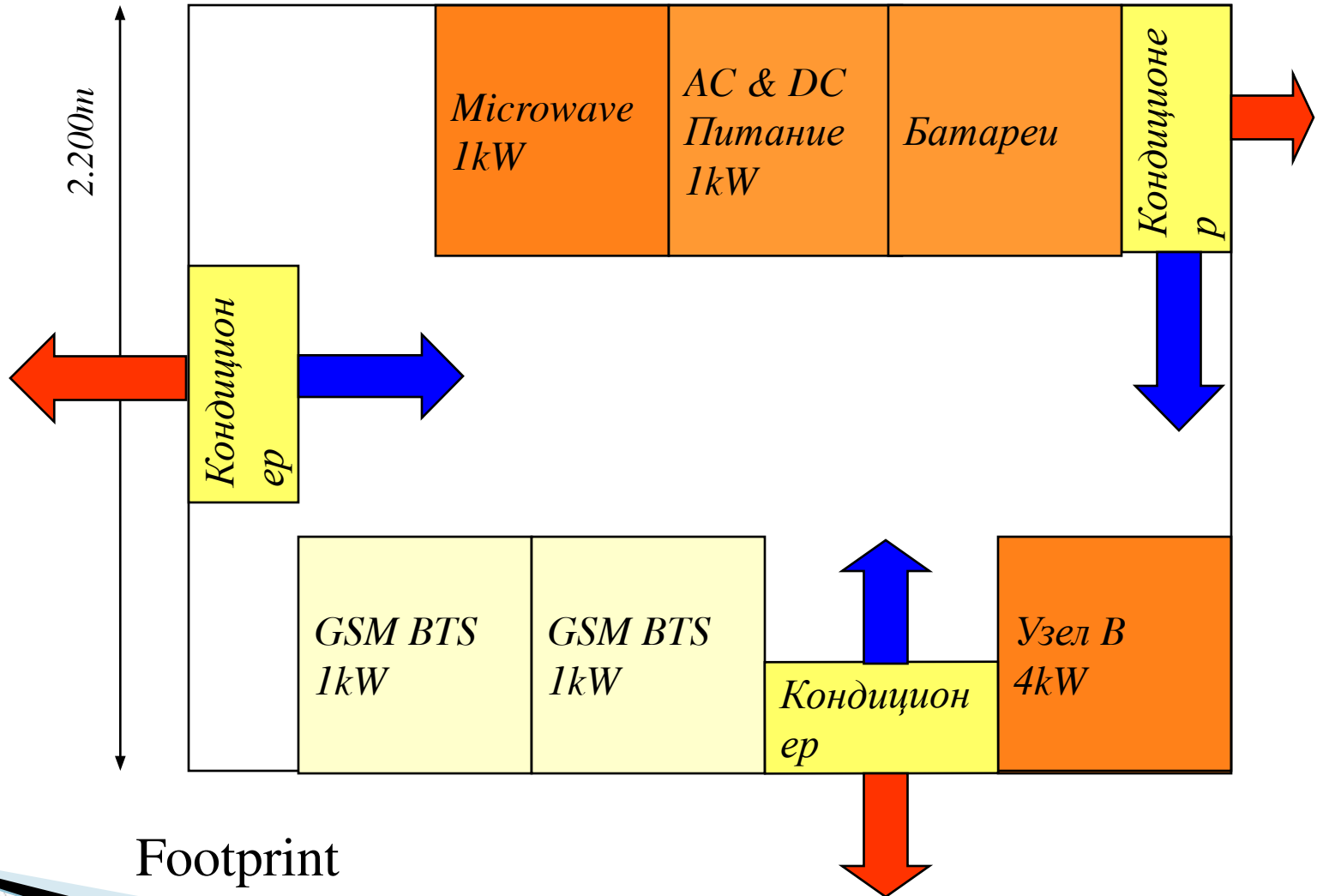
# Конфигурация Контейнера





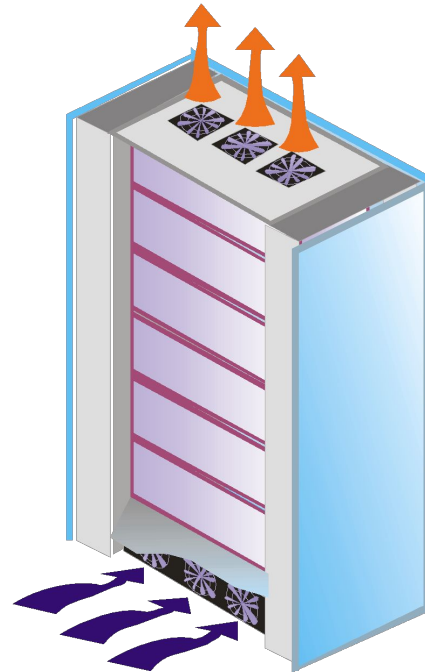
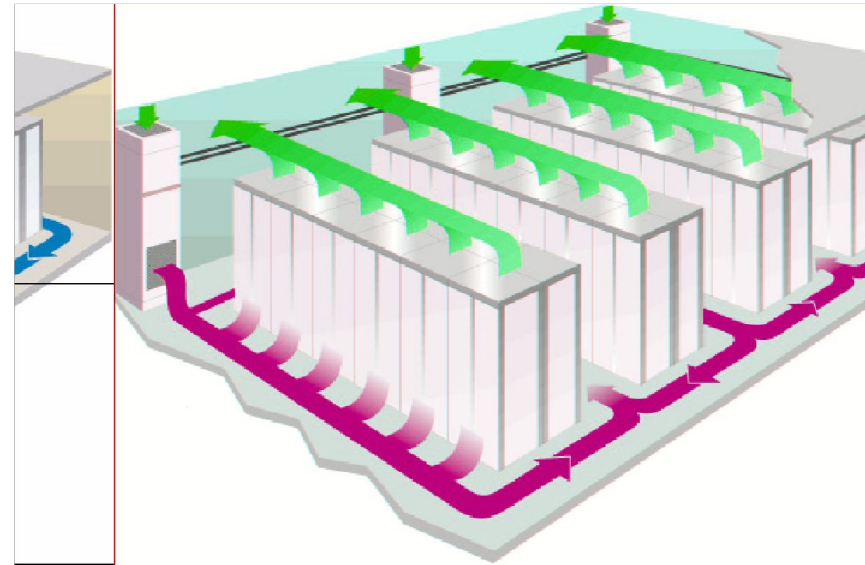
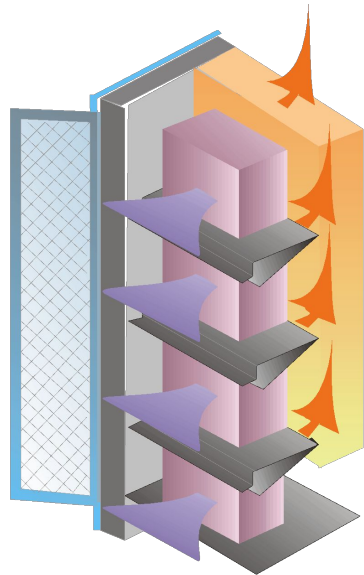
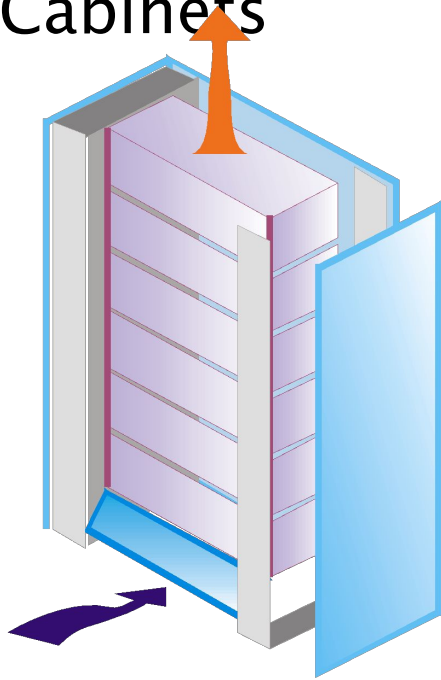
**Air Flows**

# Применение в Контейнере



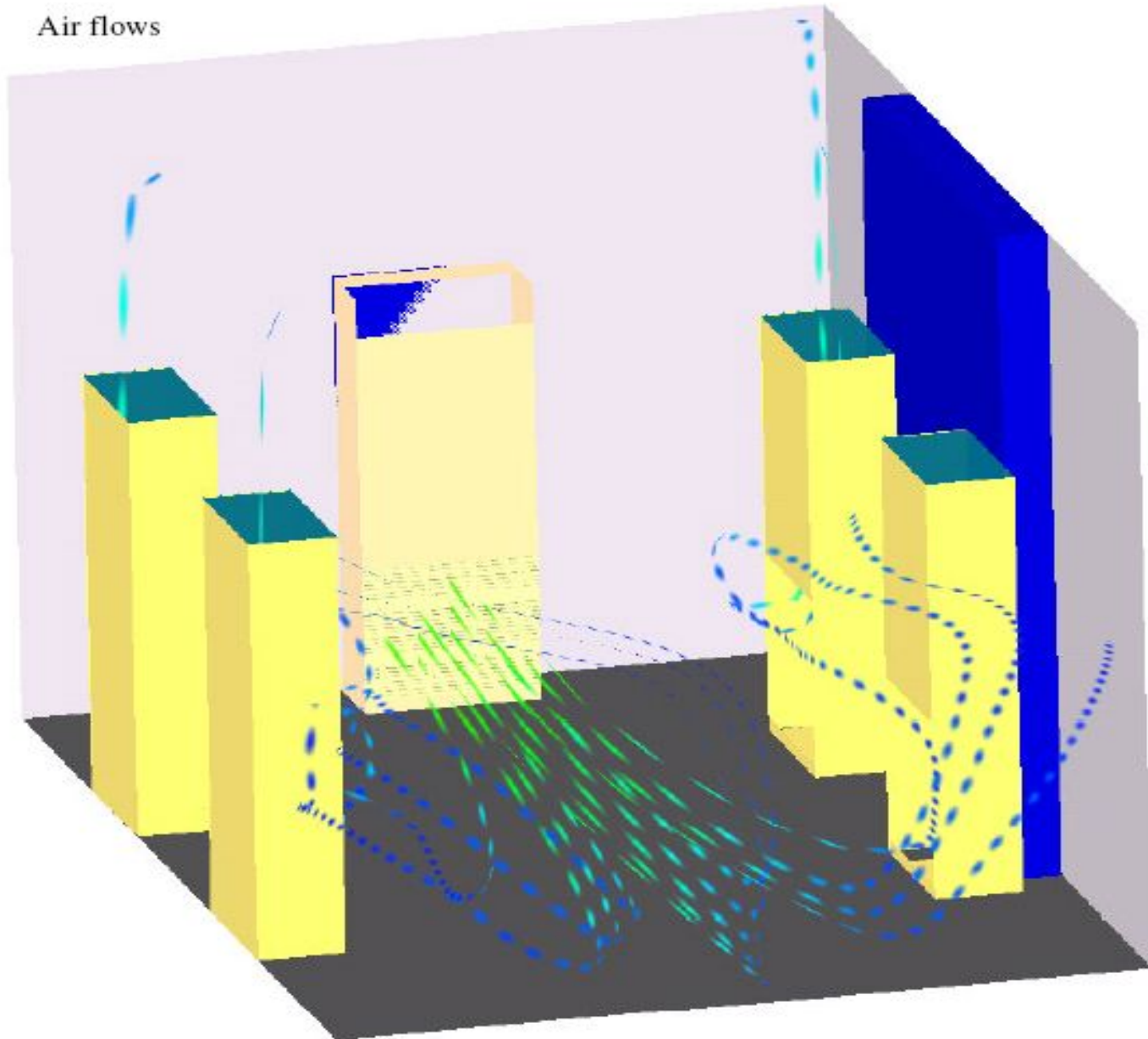
# Displacement

Basic types of Telecom Cabinets

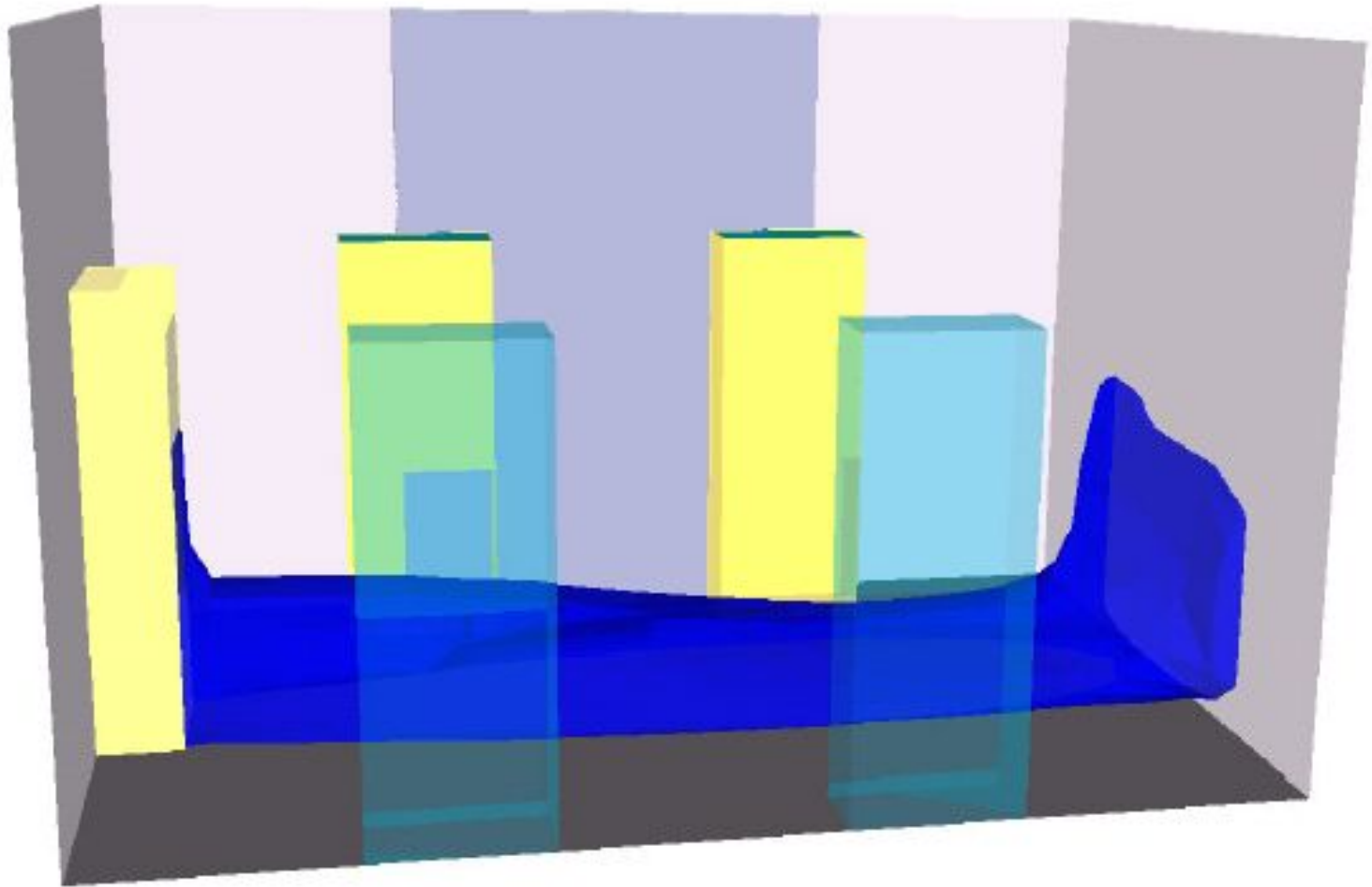


# Flovent

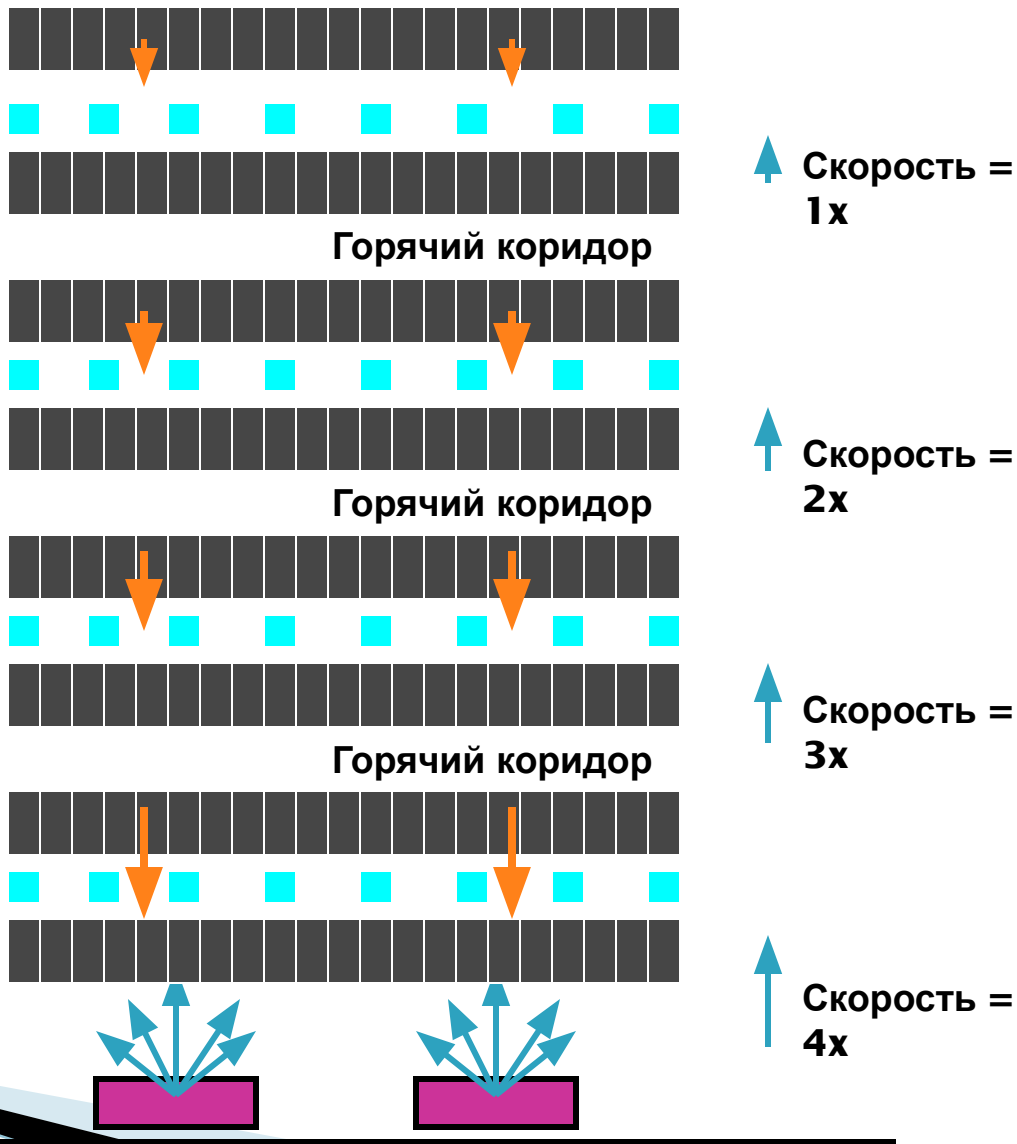
Air flows



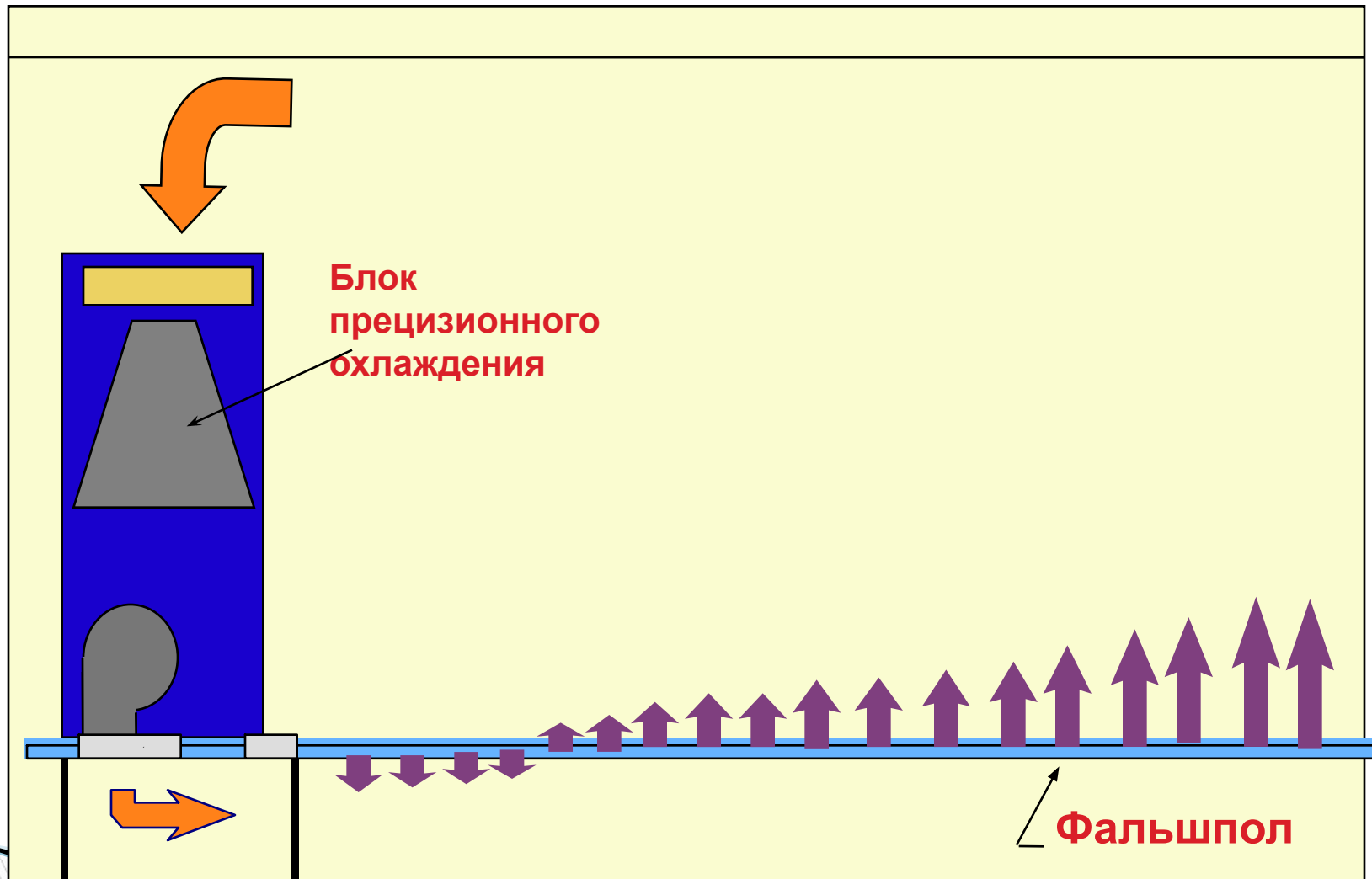
# *Flovent*



# Нежелательное размещение блоков охлаждения – перпендикулярно коридорам



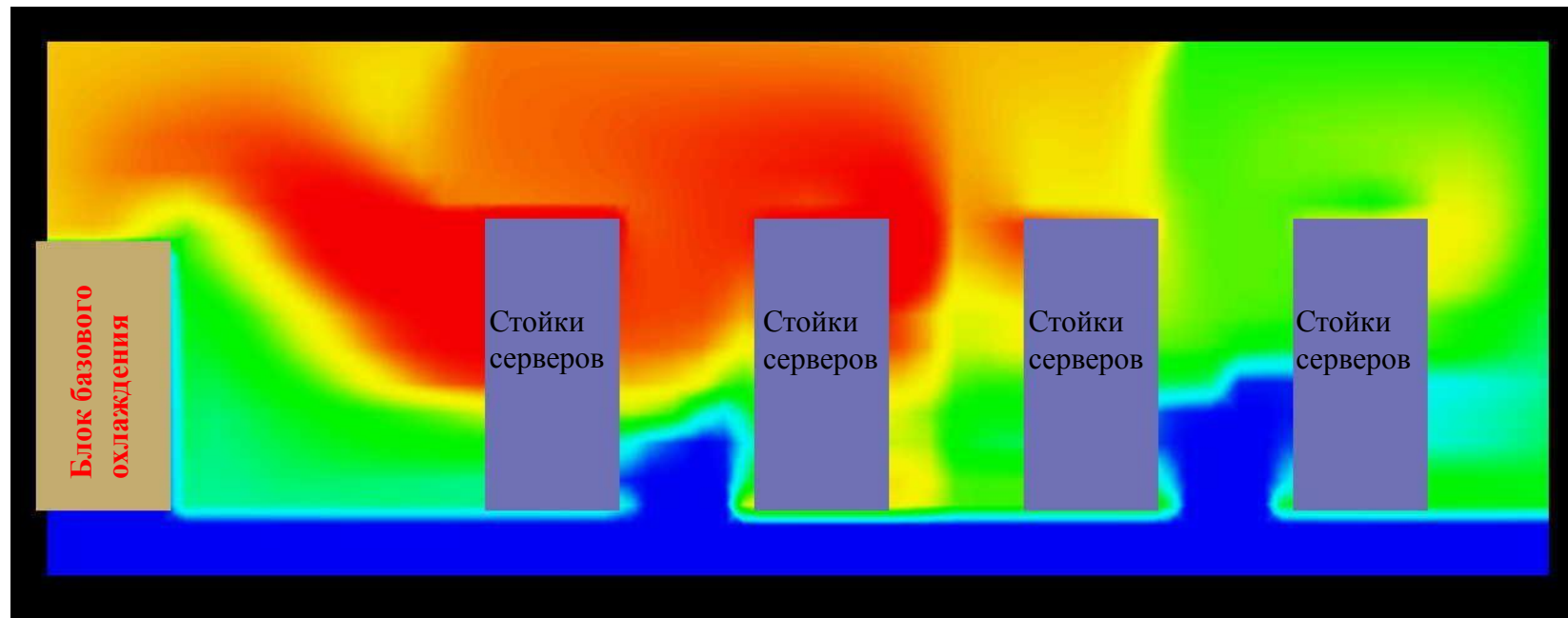
# Нежелательное размещение блоков охлаждения – перпендикулярно коридорам





# 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

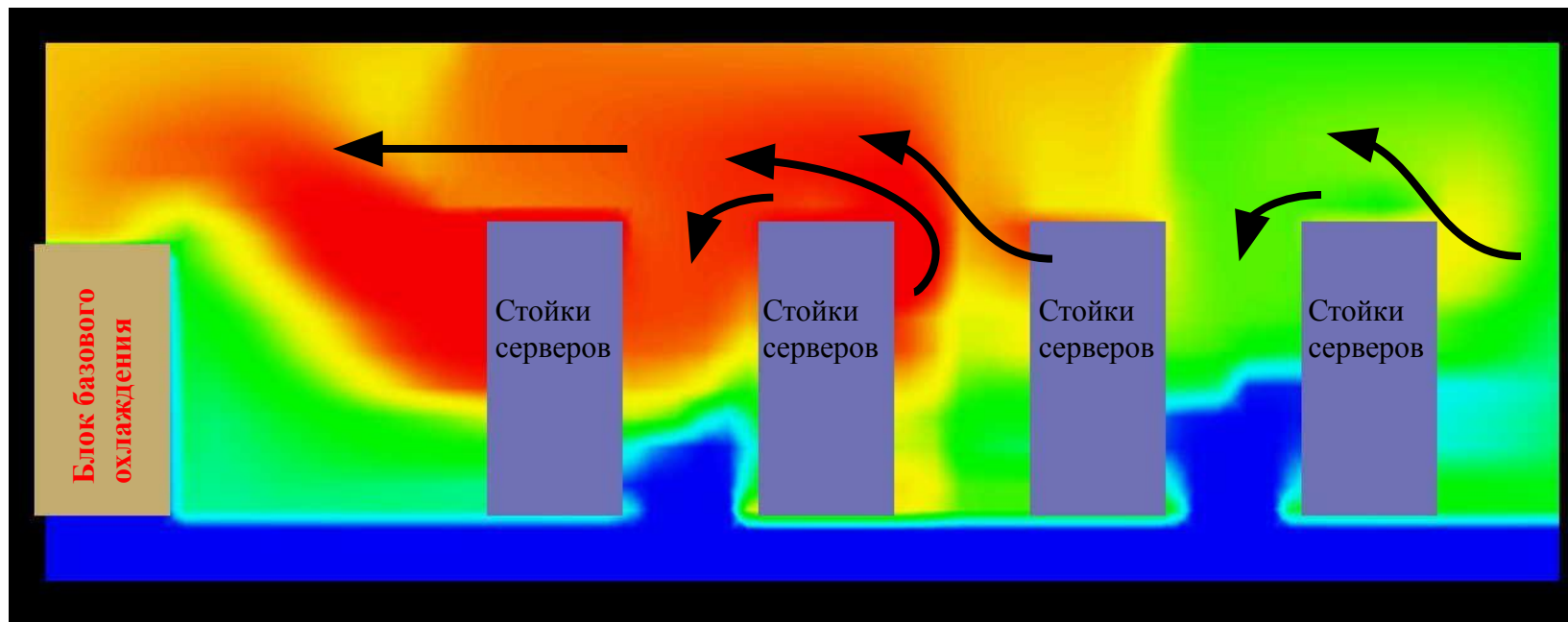
Горячий  
коридор

Холодный  
коридор

Горячий  
коридор

# Проблема размещения блоков базового охлаждения

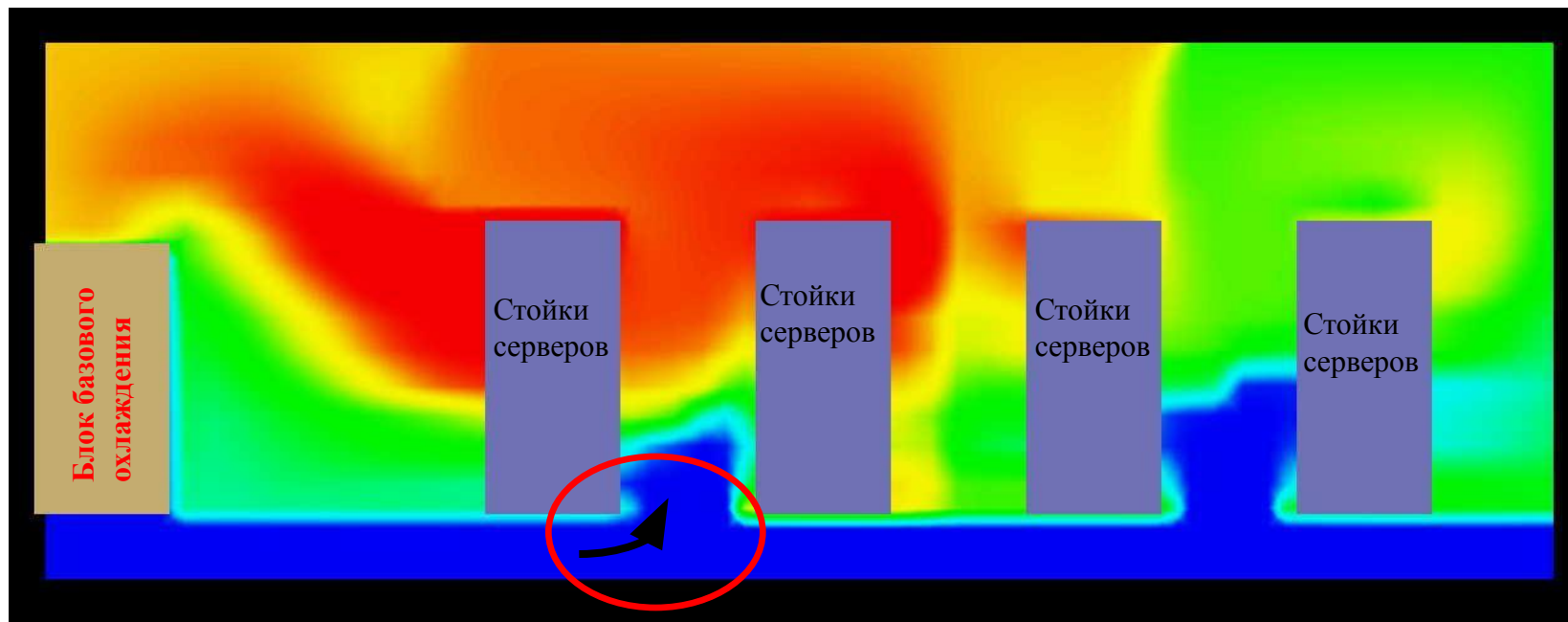
Размещение блоков охлаждения и неправильное распределение подачи под фальшпол может привести к перемешиванию горячего и холодного воздуха и зацикливанию тока вокруг стоек



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

# Проблема размещения блоков базового охлаждения

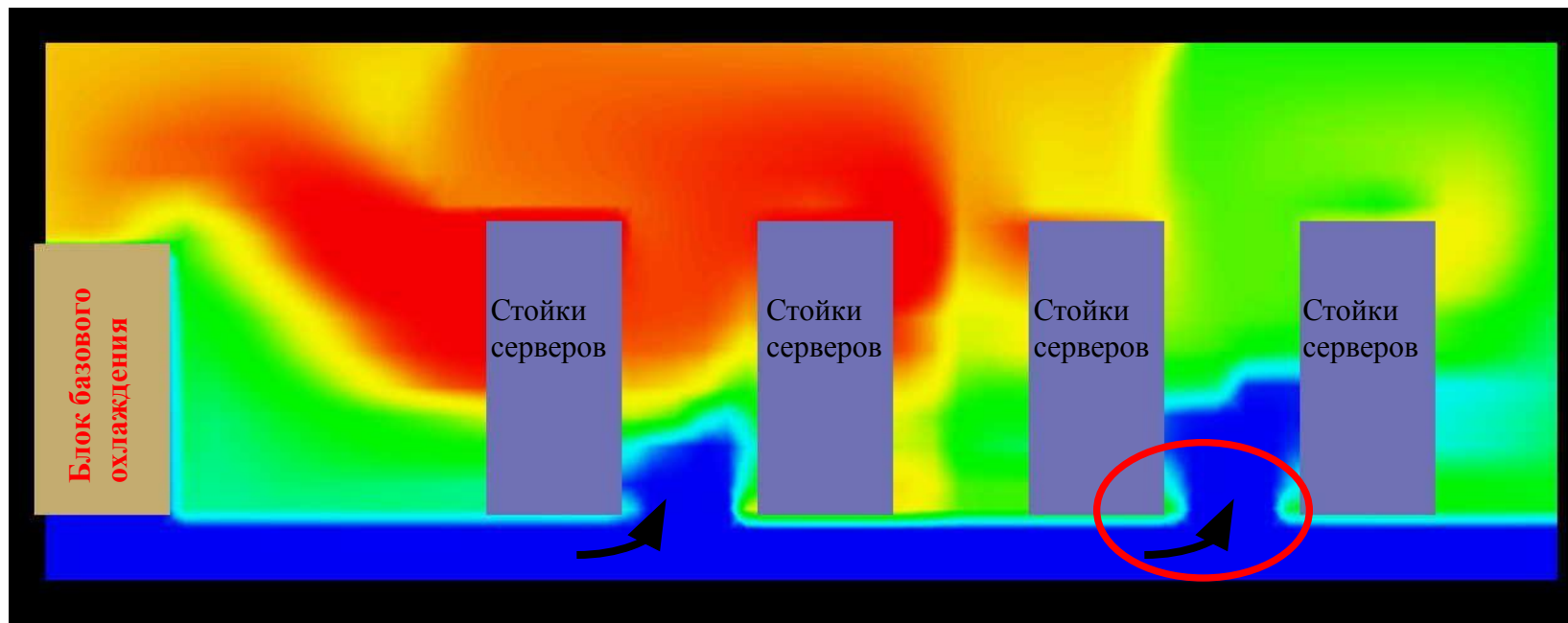
Размещение блоков охлаждения и неправильное распределение подачи под фальш-пол может привести к перемешиванию горячего и холодного воздуха и зацикливанию тока вокруг стоек



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

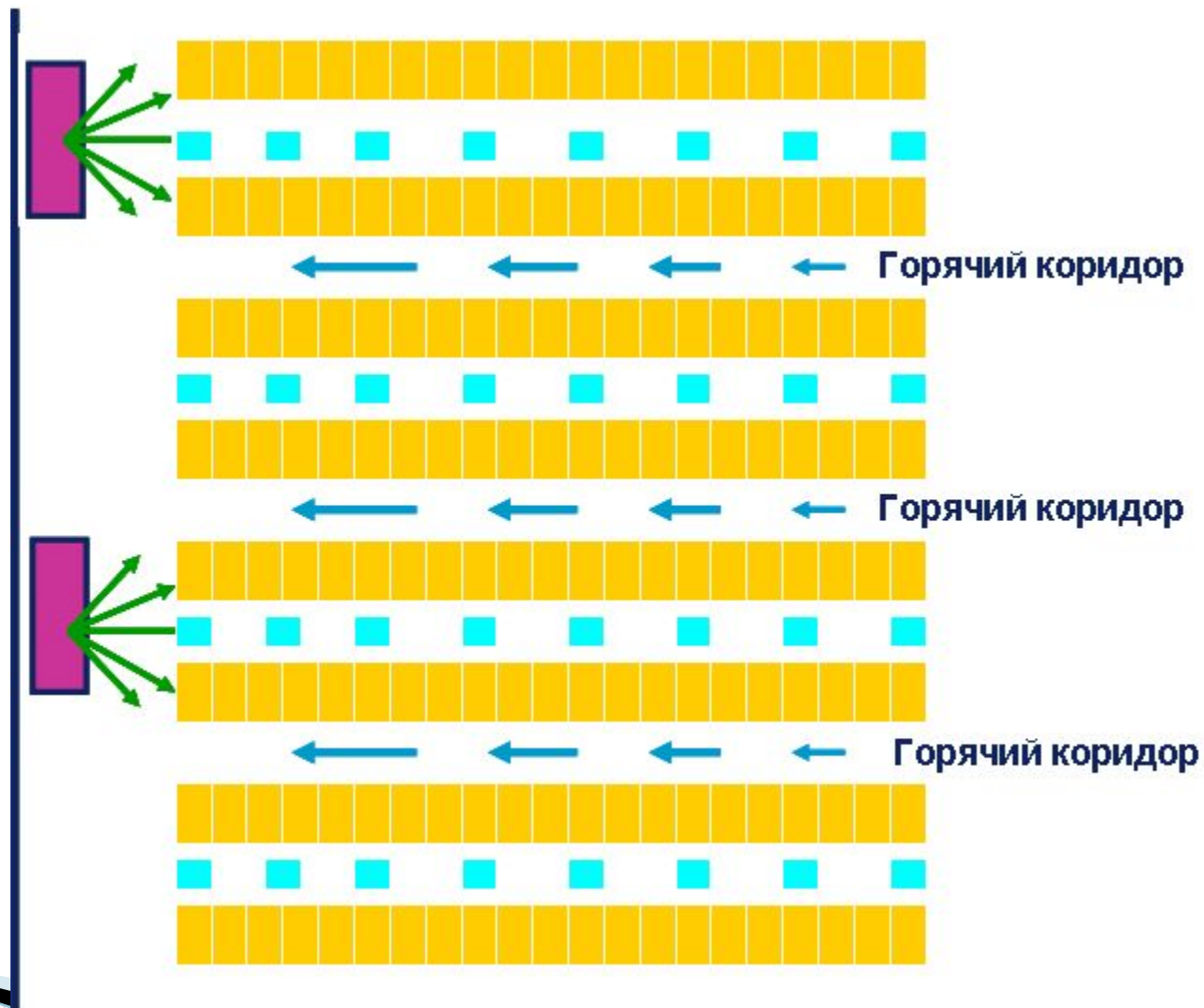
# Проблема размещения блоков базового охлаждения

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

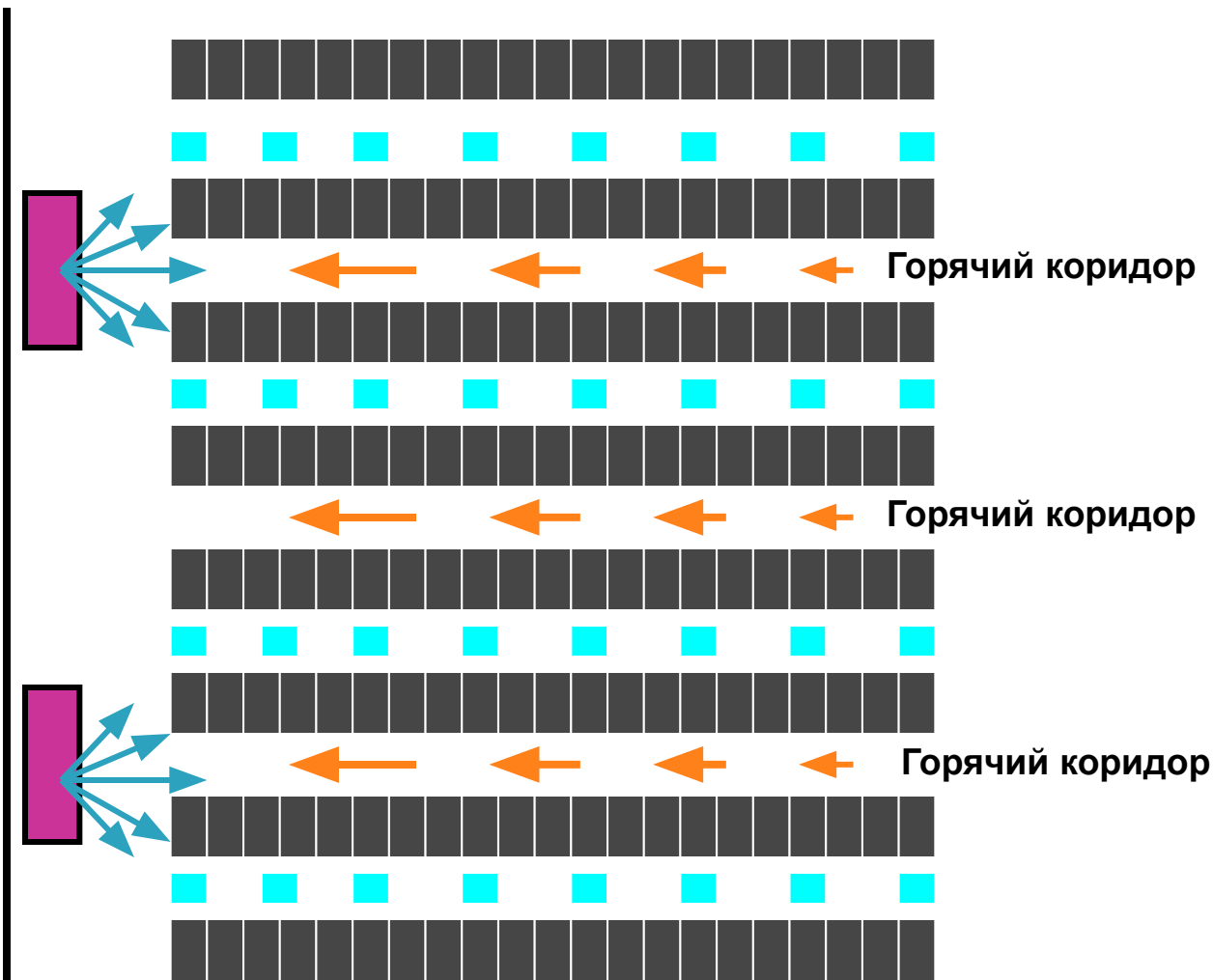


**“2/3 выходов из строя серверов происходит в верхней трети стойки”**

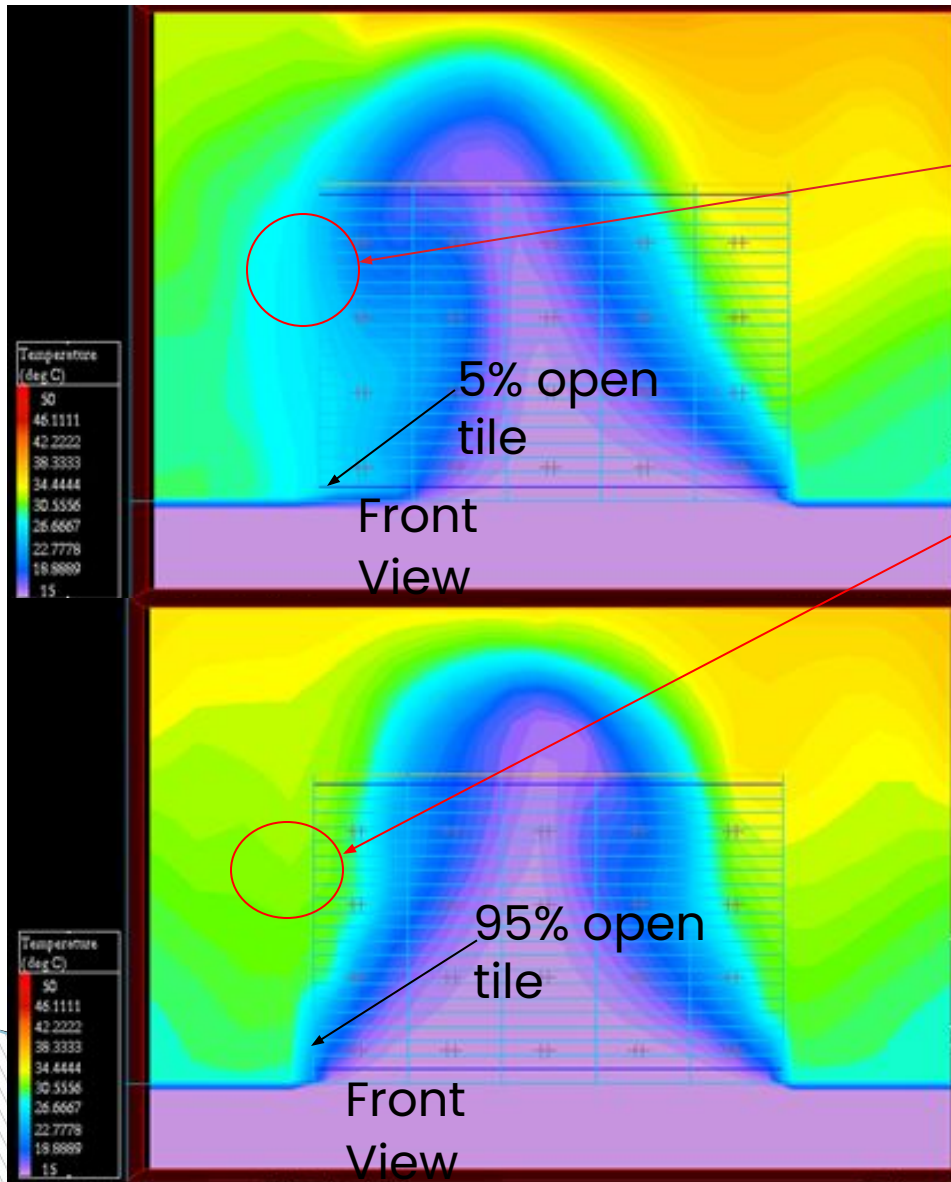
# Проблема размещения блоков базового охлаждения



# Наилучшее расположение блоков охлаждения – в конце горячих коридоров.



# Распределение воздуха через панели

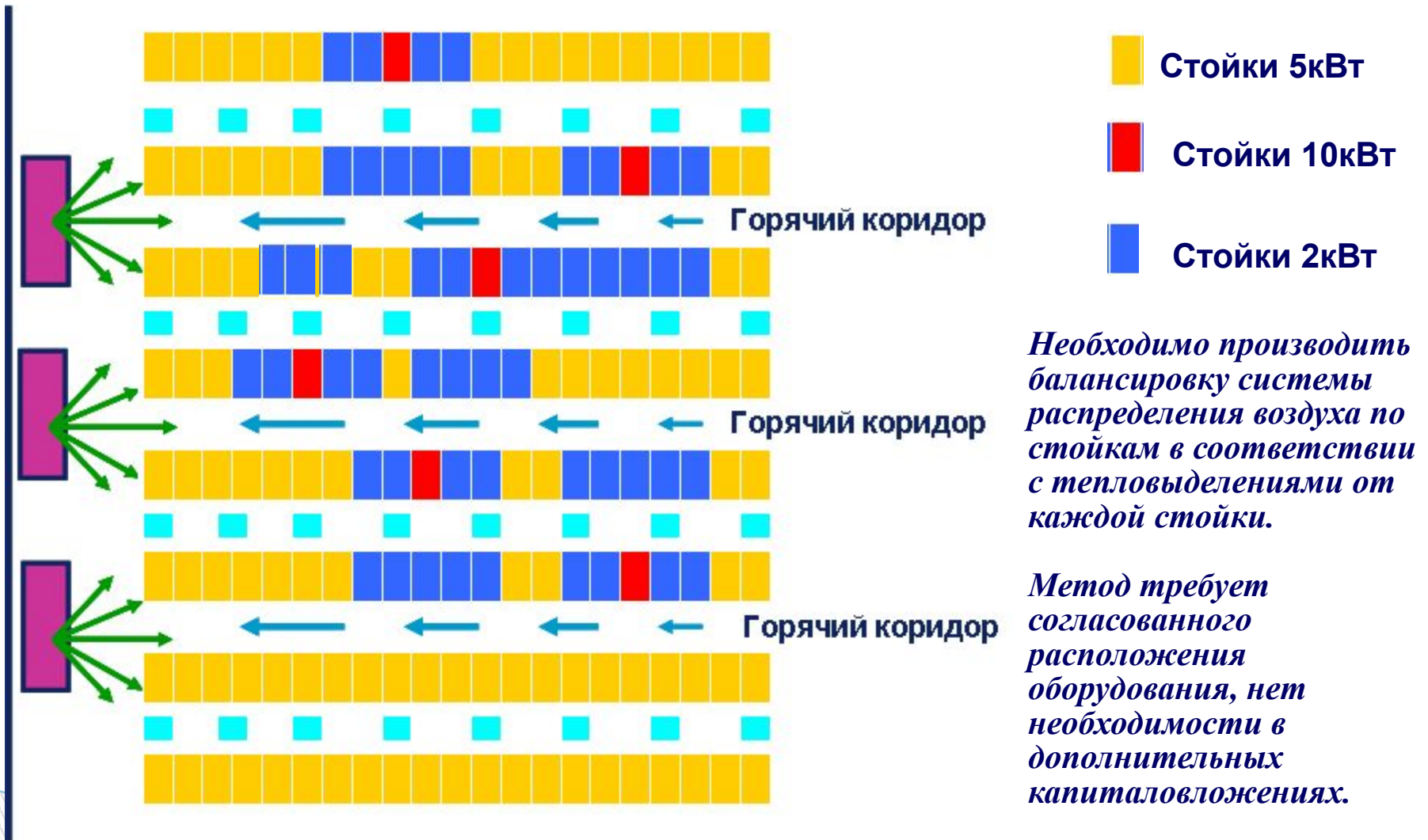


5% «живое сечение» плитки фальшпола обеспечивает оптимальное воздухораспределение и охлаждение

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



# Принцип расположения оборудования используя метод «заимствования»

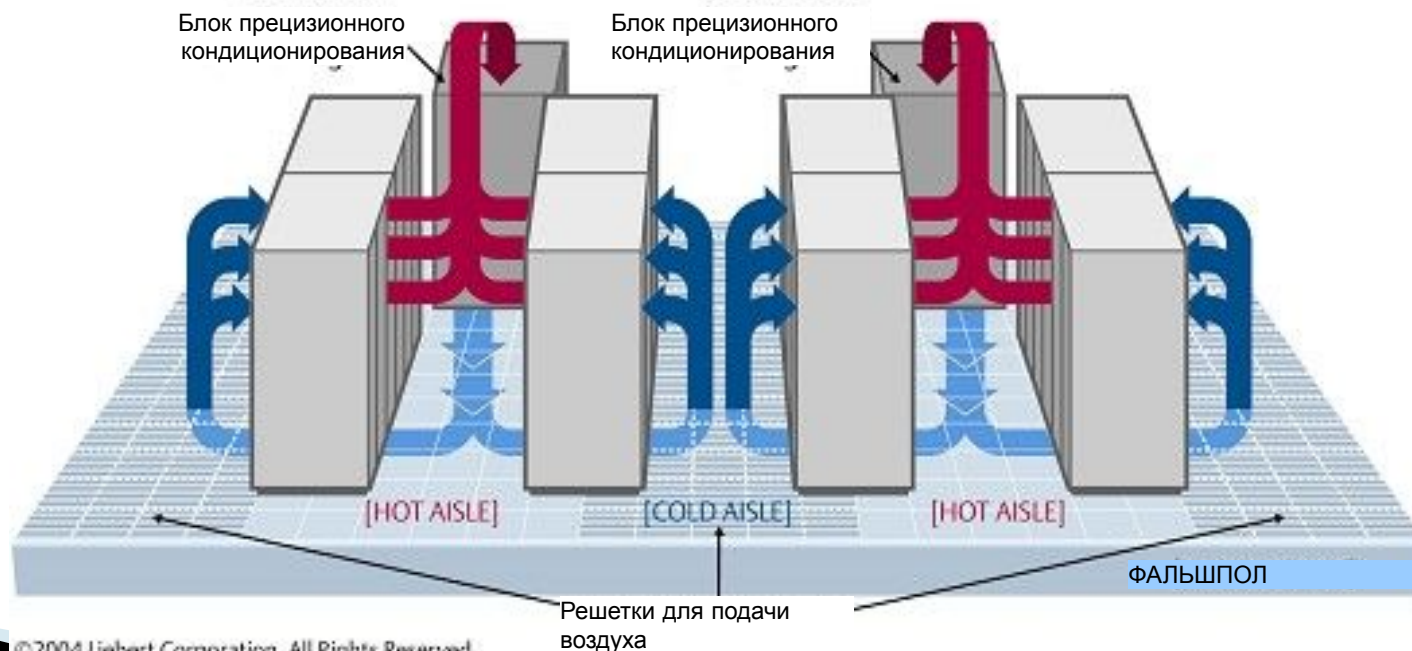




# Рекомендации ASHRAE

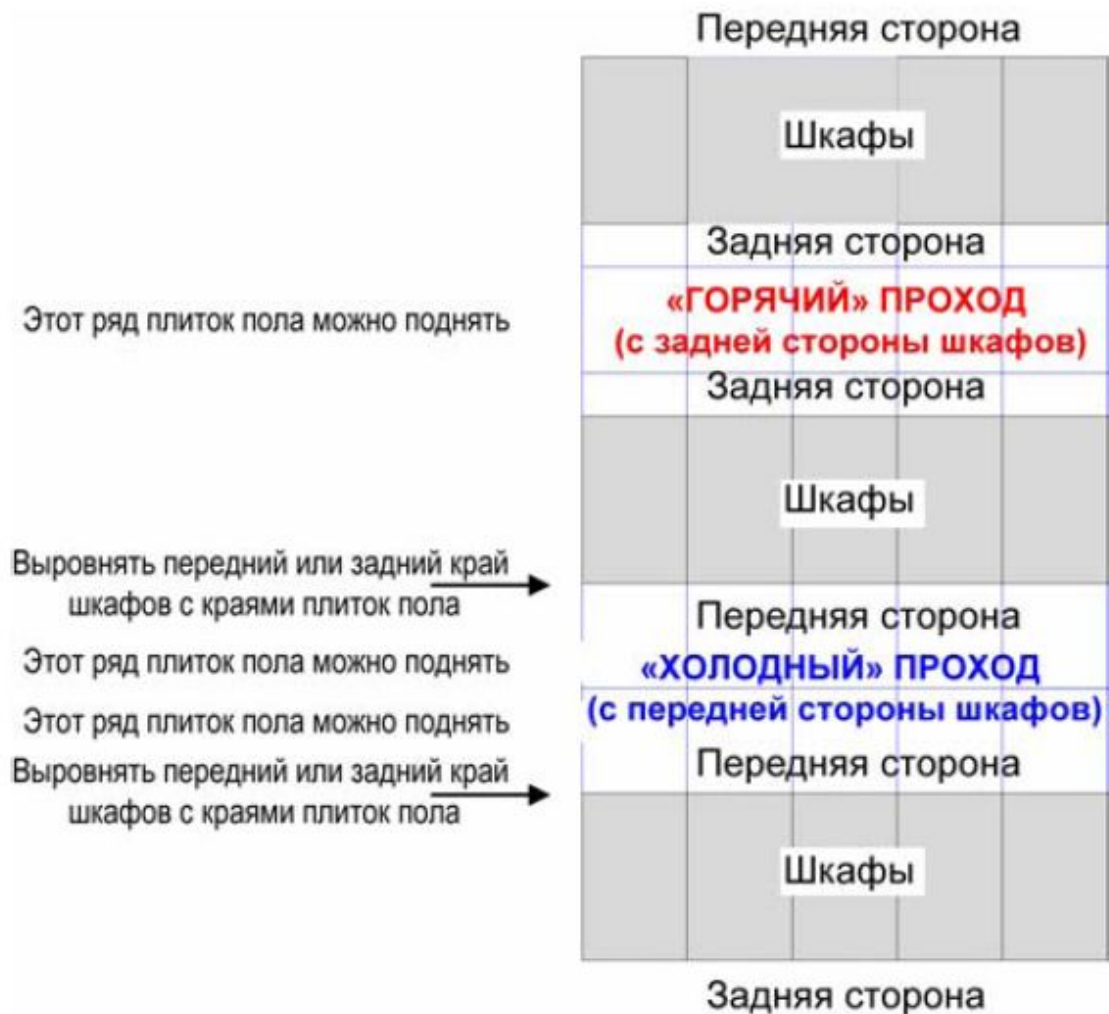
## Рекомендации по организации охлаждения в помещениях с оборудованием обработки данных

### СХЕМА РАЗМЕЩЕНИЯ ШКАФОВ С ЧЕРЕДОВАНИЕМ ГОРЯЧИХ И ХОЛОДНЫХ КОРИДОРОВ



©2004 Liebert Corporation. All Rights Reserved.

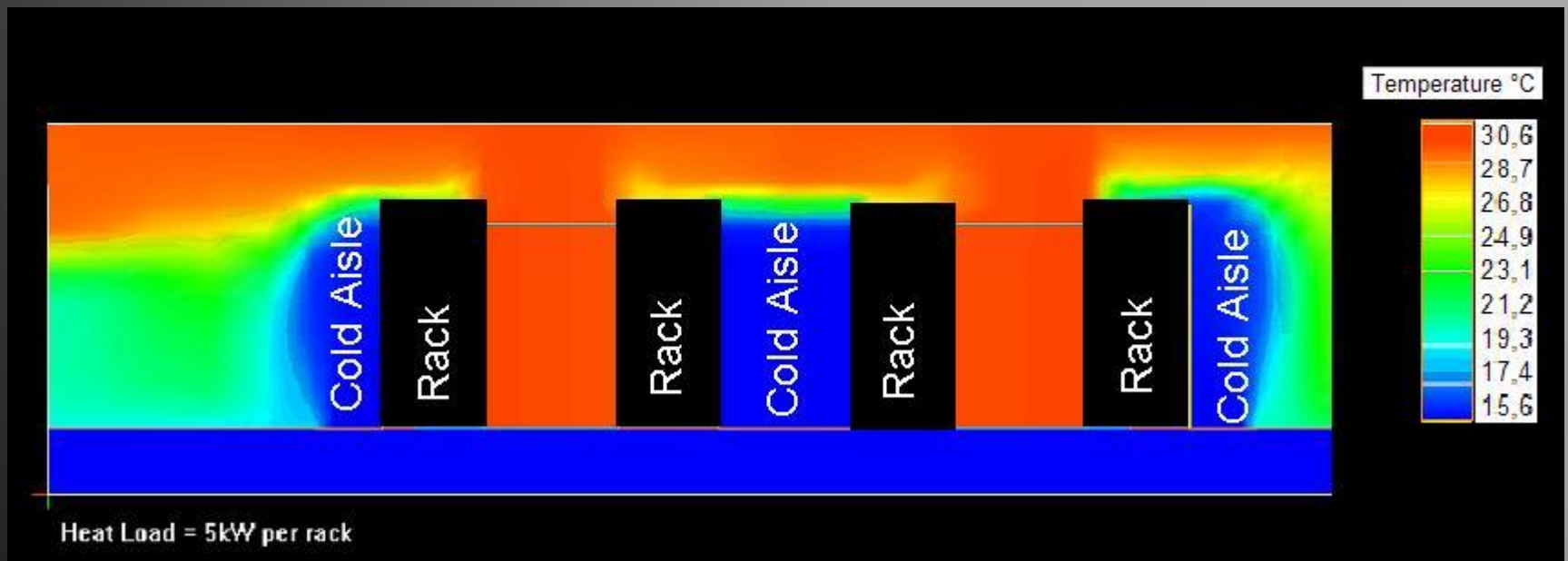
# Пример горячих и холодных коридоров и размещение стоек



# Методы охлаждения – Охлаждение воздуха в помещении

## Рекомендация ASHRAE

Размещение оборудования с чередованием горячих и холодных коридоров



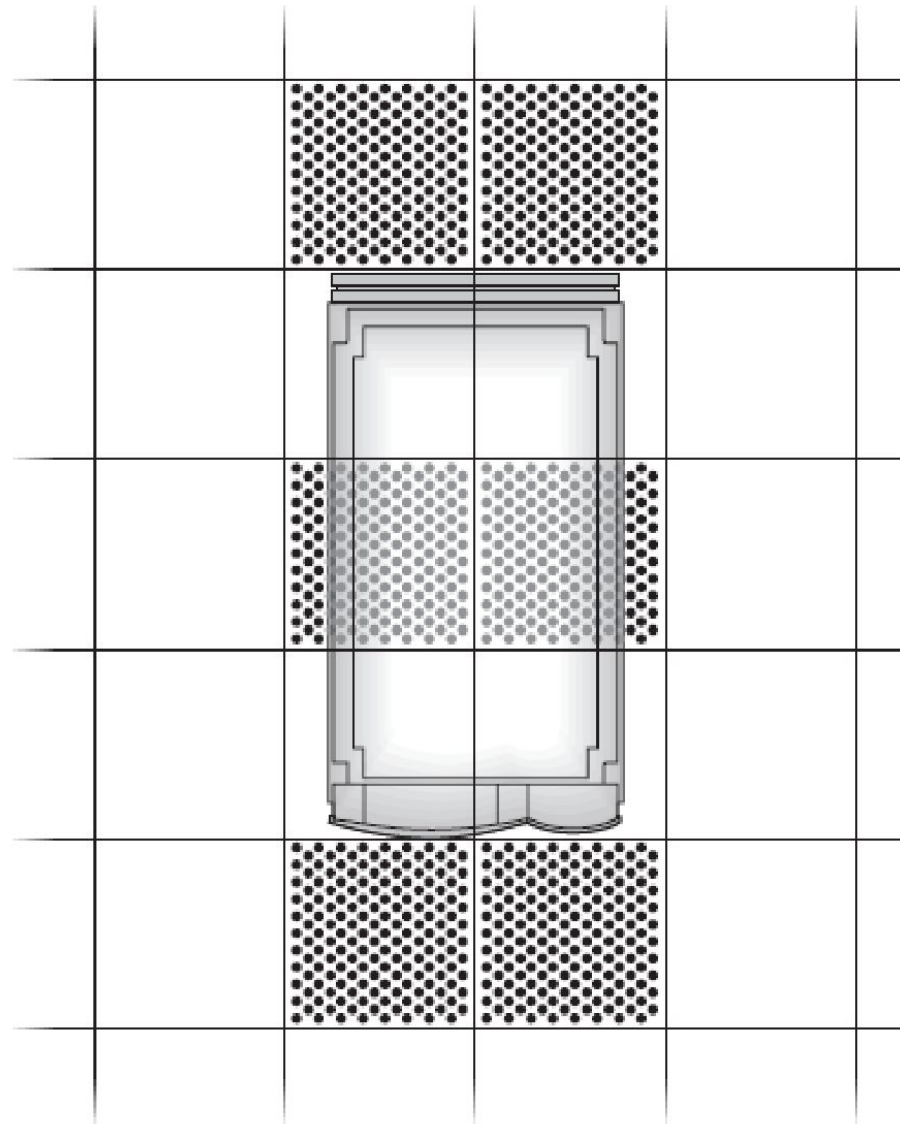
Плотность тепловыделения 5 кВт на стойку

Подача воздуха от 1 100 до 1 300 м<sup>3</sup>/ч

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

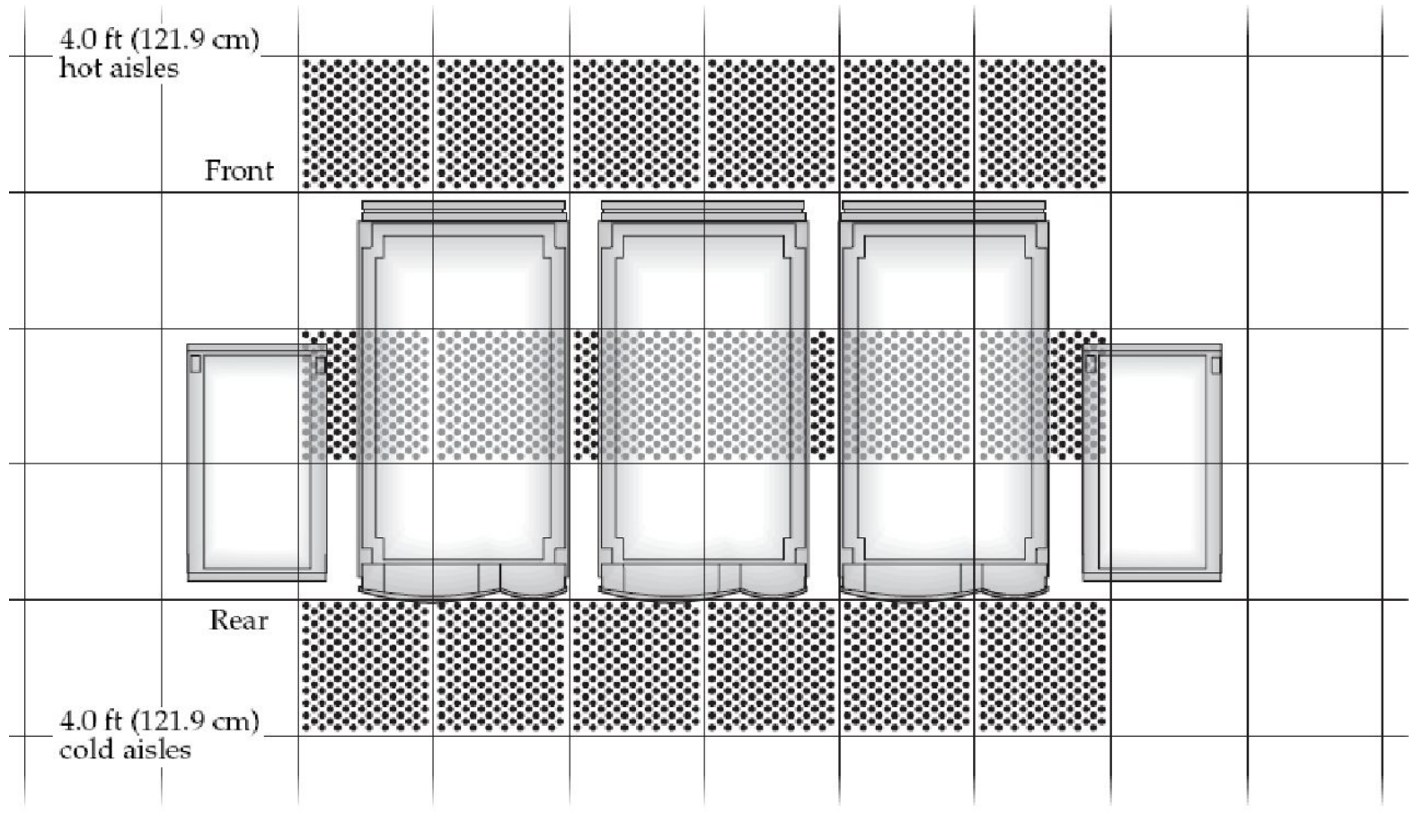
# Распределение воздуха через панели

- Прецизионные кондиционеры с нижней подачей воздуха
  - Сервера SUN



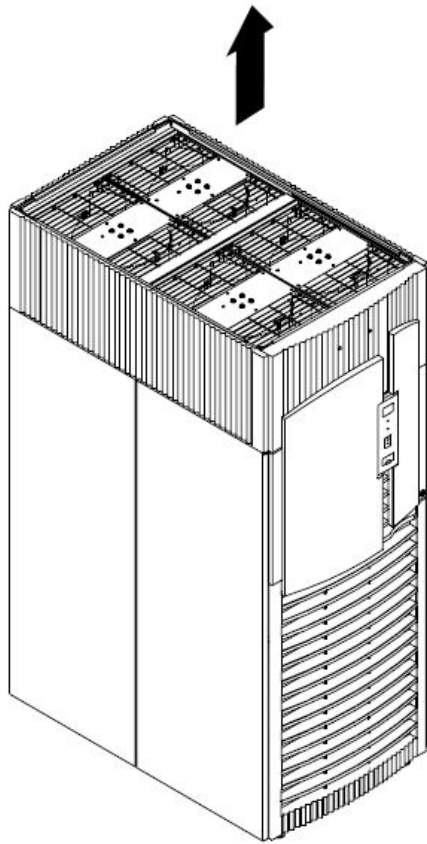
# Распределение воздуха через панели

- Прецизионные кондиционеры с нижней подачей воздуха
  - Сервера SUN



# Распределение воздуха через панели

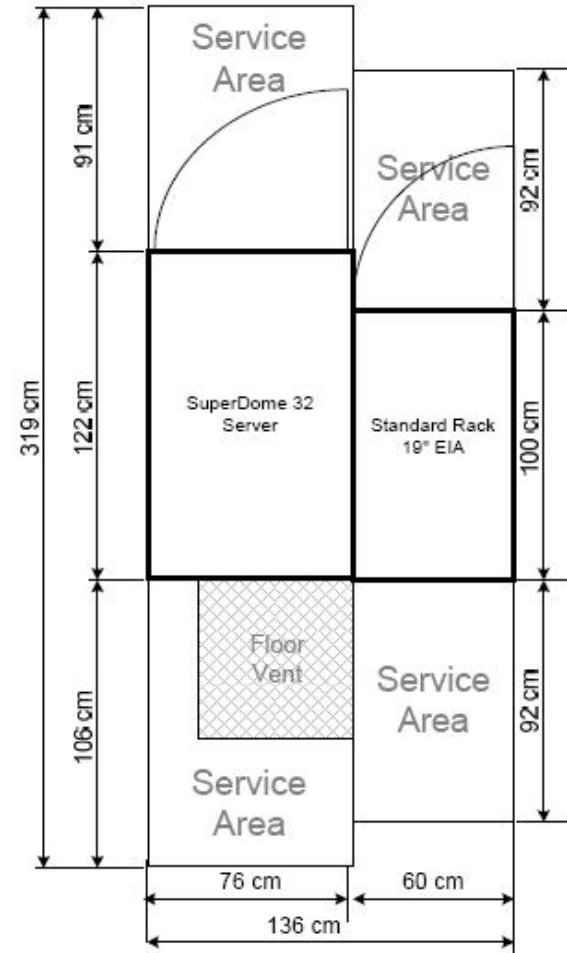
- Прецизионные кондиционеры с нижней подачей воздуха
  - Сервера HP



Air flows  
front to top

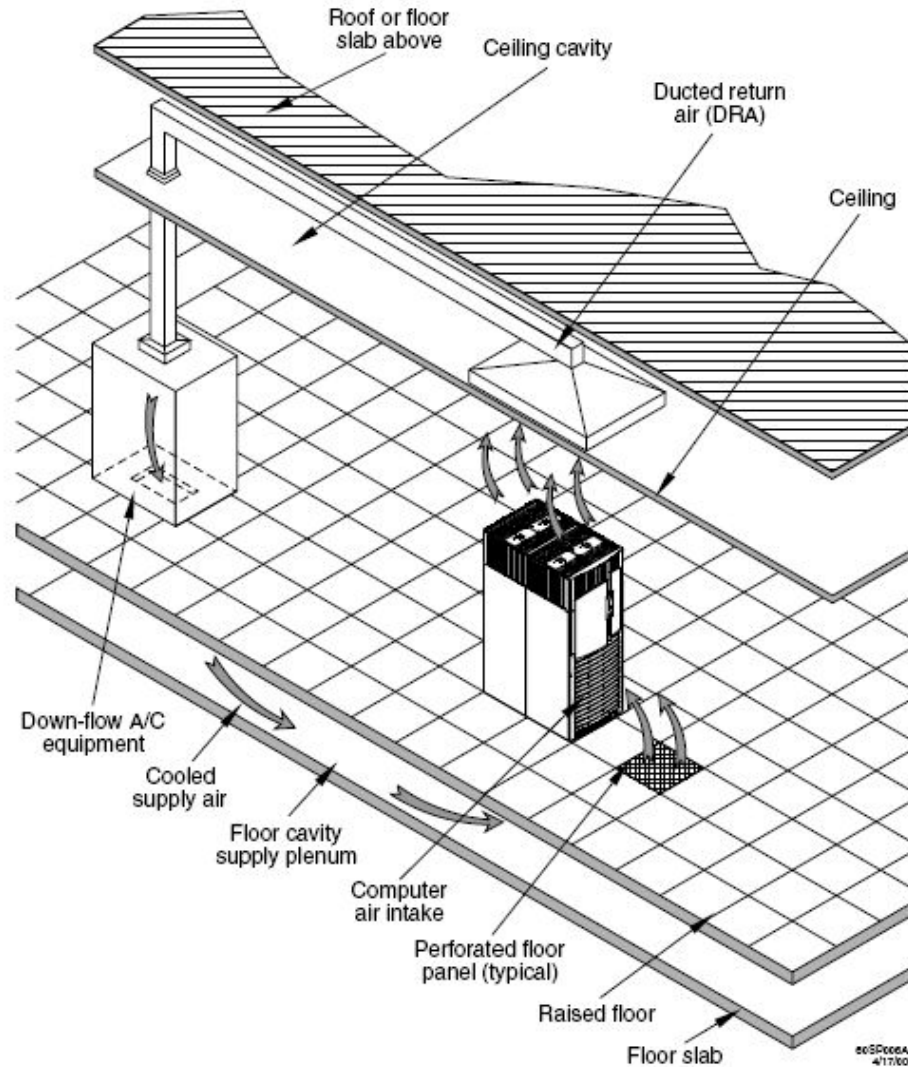


60SP  
12

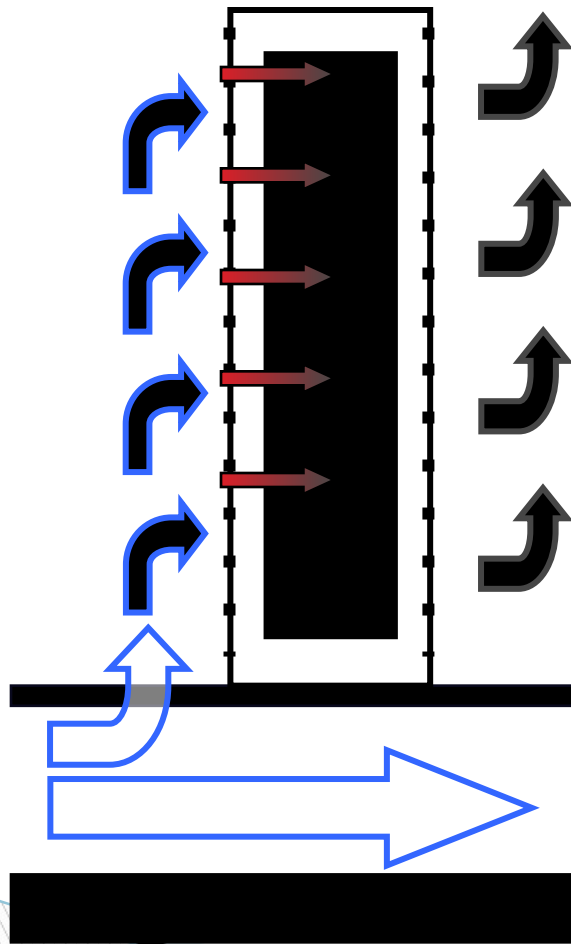


# Распределение воздуха через панели

- Прецизионные кондиционеры с нижней подачей воздуха
  - Сервера HP



# Типичная серверная стойка



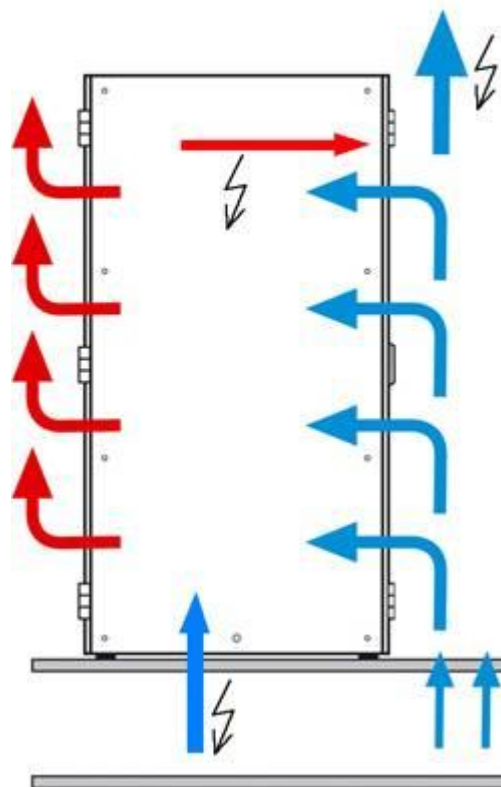
- Перфорированная дверь
- **> 80%** перфорации
- Охлаждение всего помещения, подача воздуха под фальшь пол
- Максимум **3 - 5 кВт / стойка**
- Рекомендуемая скорость воздуха в пространстве фальшпола не более **1 м/сек.**



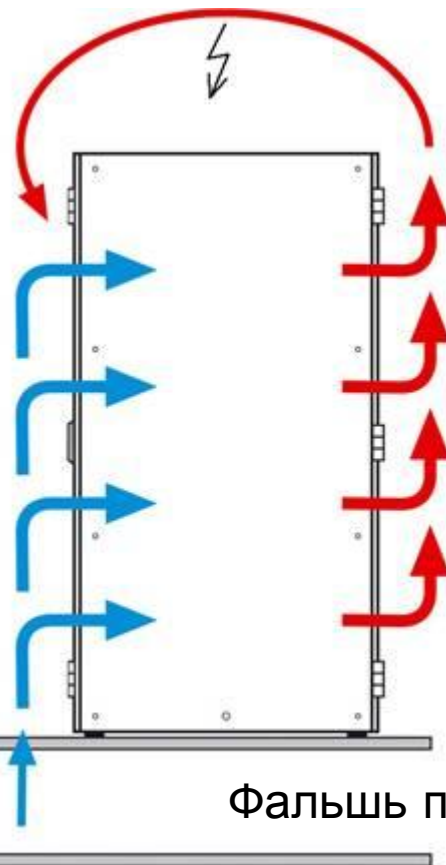


# Проблемы распределения воздуха

Потеря части холодного воздуха



Переток горячего воздуха



Фальшь пол

□ Необходимо принимать дополнительные меры:

# Распределение воздуха

## 1. Фальшь пол

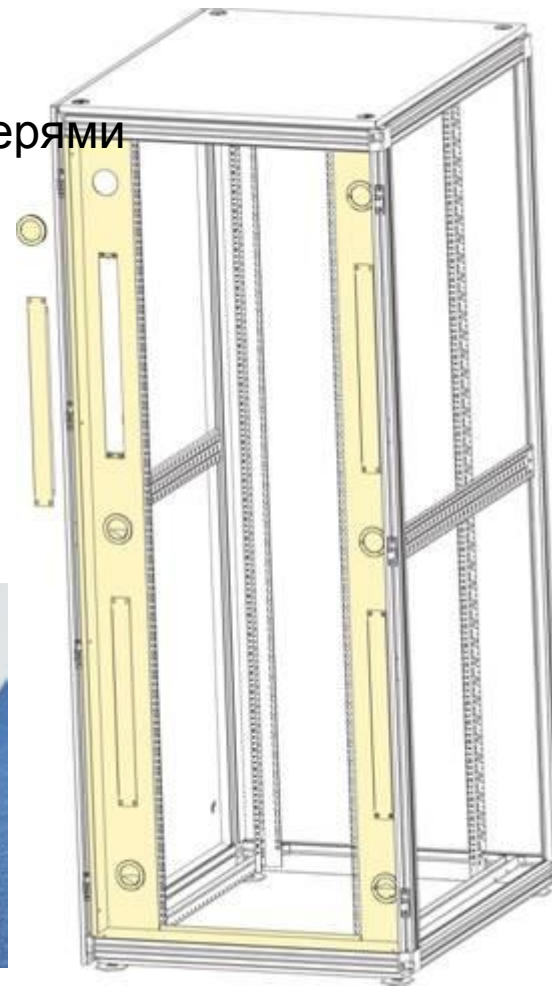
- Ни каких воздухораспределительных панелей в горячем коридоре
- Закрывать все технологические отверстия в фальшь полу в зоне горячего коридора
- Закрывать все кабельные вводы



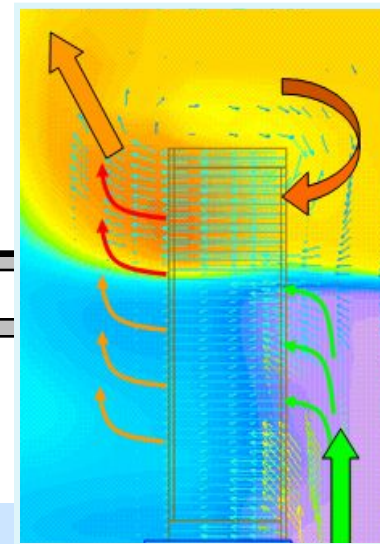
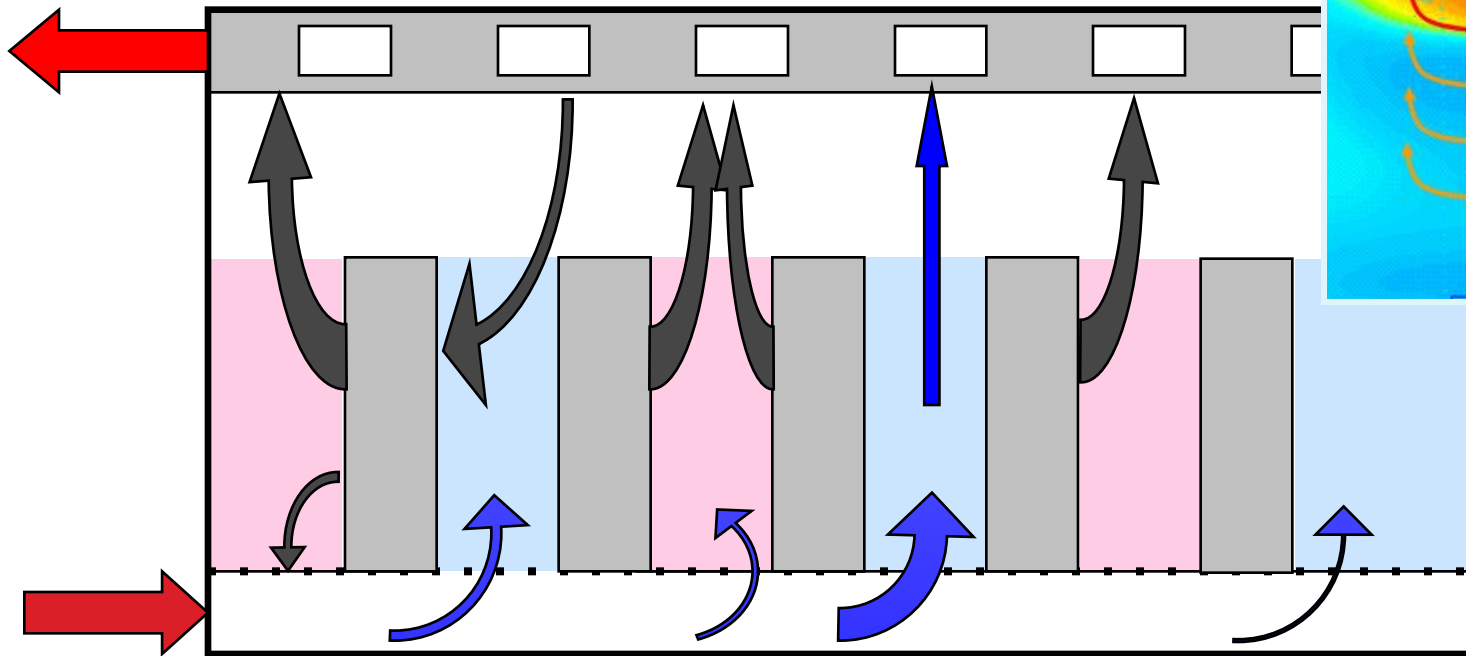
# Распределение воздуха

## 2. Серверные стойки

- Закрытые стойки с перфорированными дверями
- Установка панелей заглушек

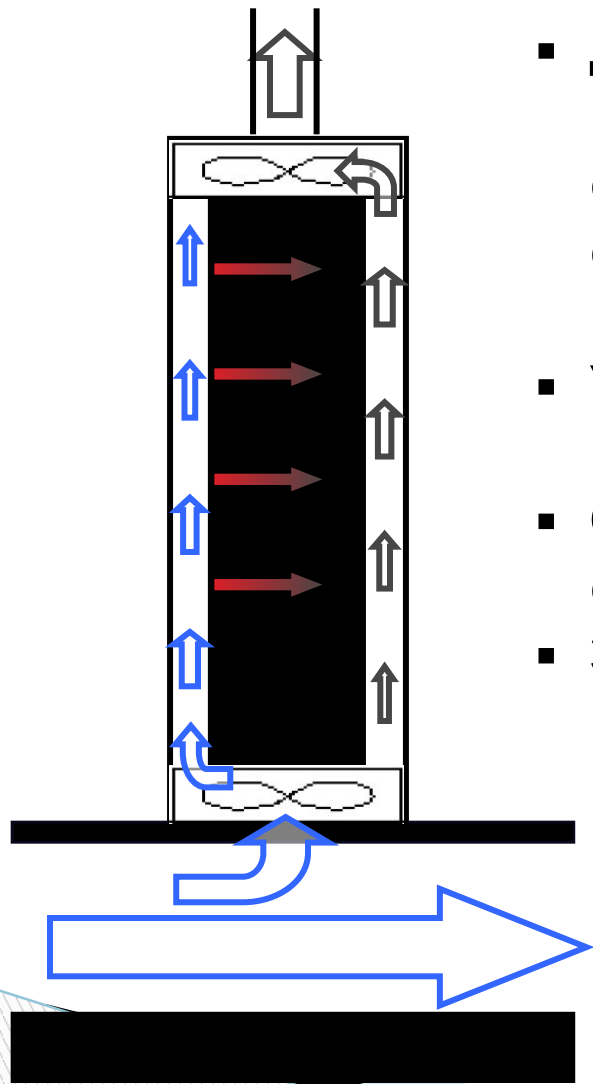


# Типичные проблемы распределения воздуха



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

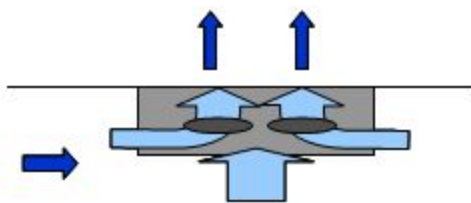
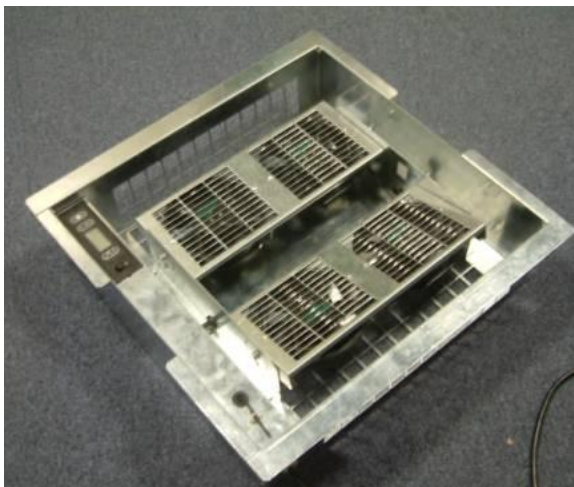
# Форсированное воздушное охлаждение



- **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**

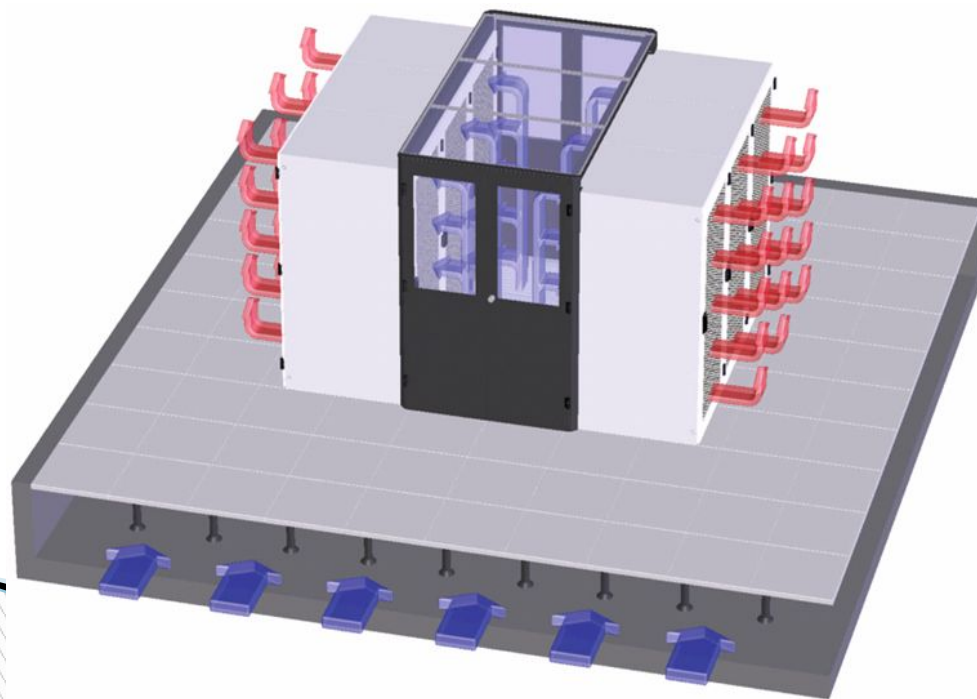


**Модуль  
XDA**

# 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

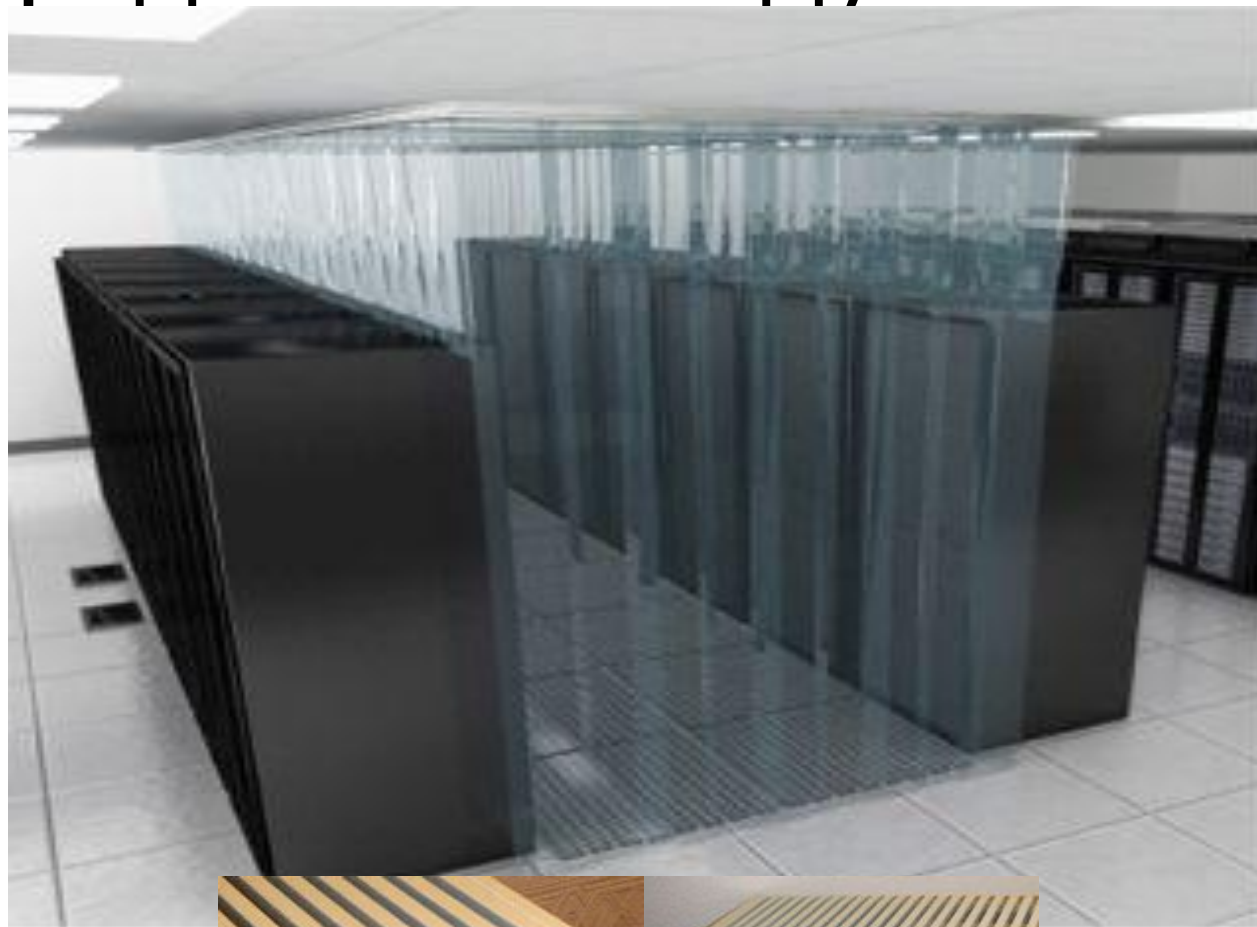
Эффективность охлаждения  
> +50%

или

Потребляемая мощность  
системы кондиционирования  
-60%

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

# Распределение воздуха

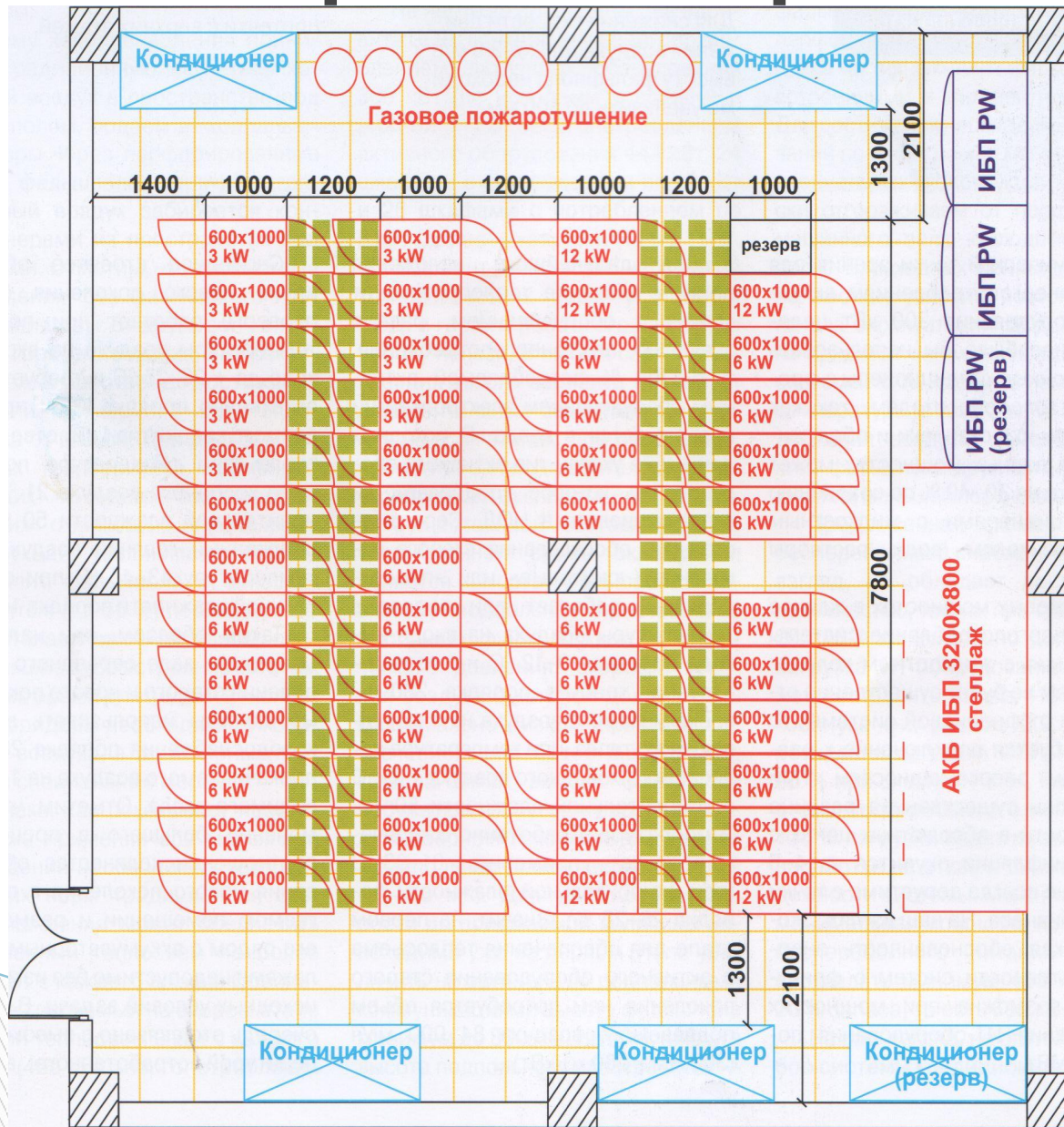


# Высокое тепловыделение



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

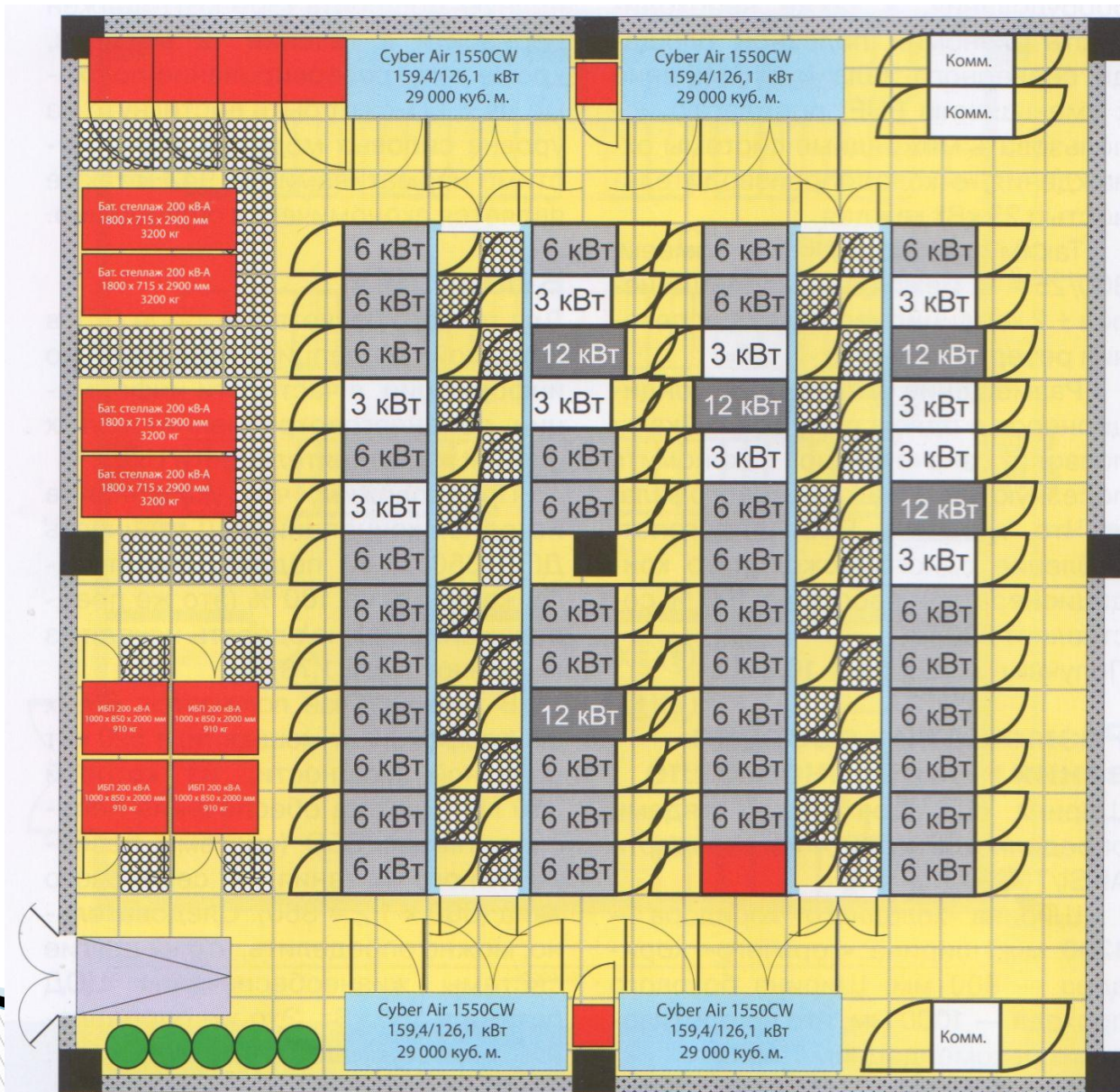
# Планирование архитектуры ЦОД



## Недостатки:

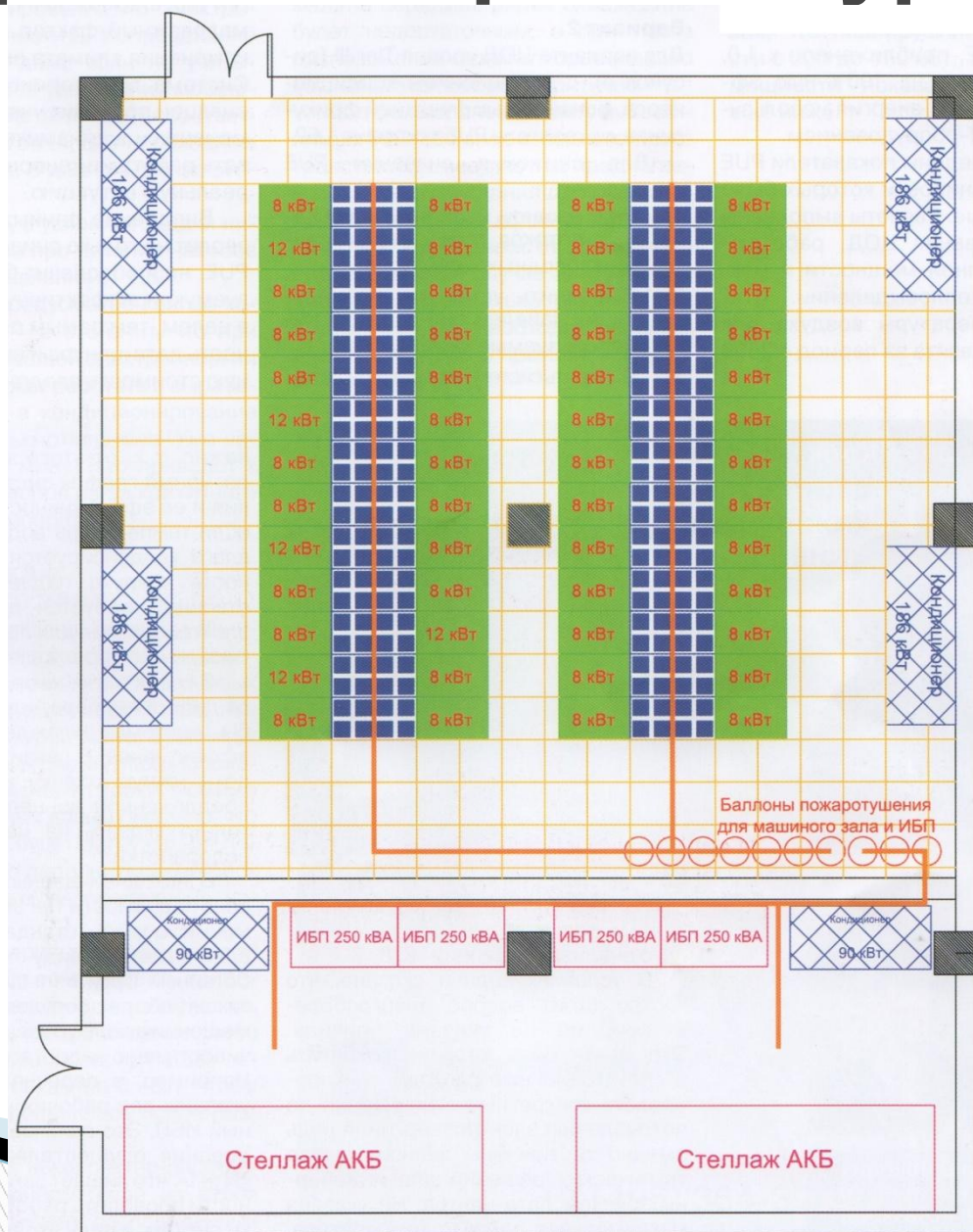
- Не предусмотрен пандус
- АКБ находятся в зоне горячего коридора
- Необходимо изолировать холодные коридоры
- Необходима проверка высоты фальшпола
- Необходима проверка количества и пропускные способности перфорированных решеток
- АГПТ размещены в горячем коридоре

# Планирование архитектуры ЦОД





# Планирование архитектуры ЦОД



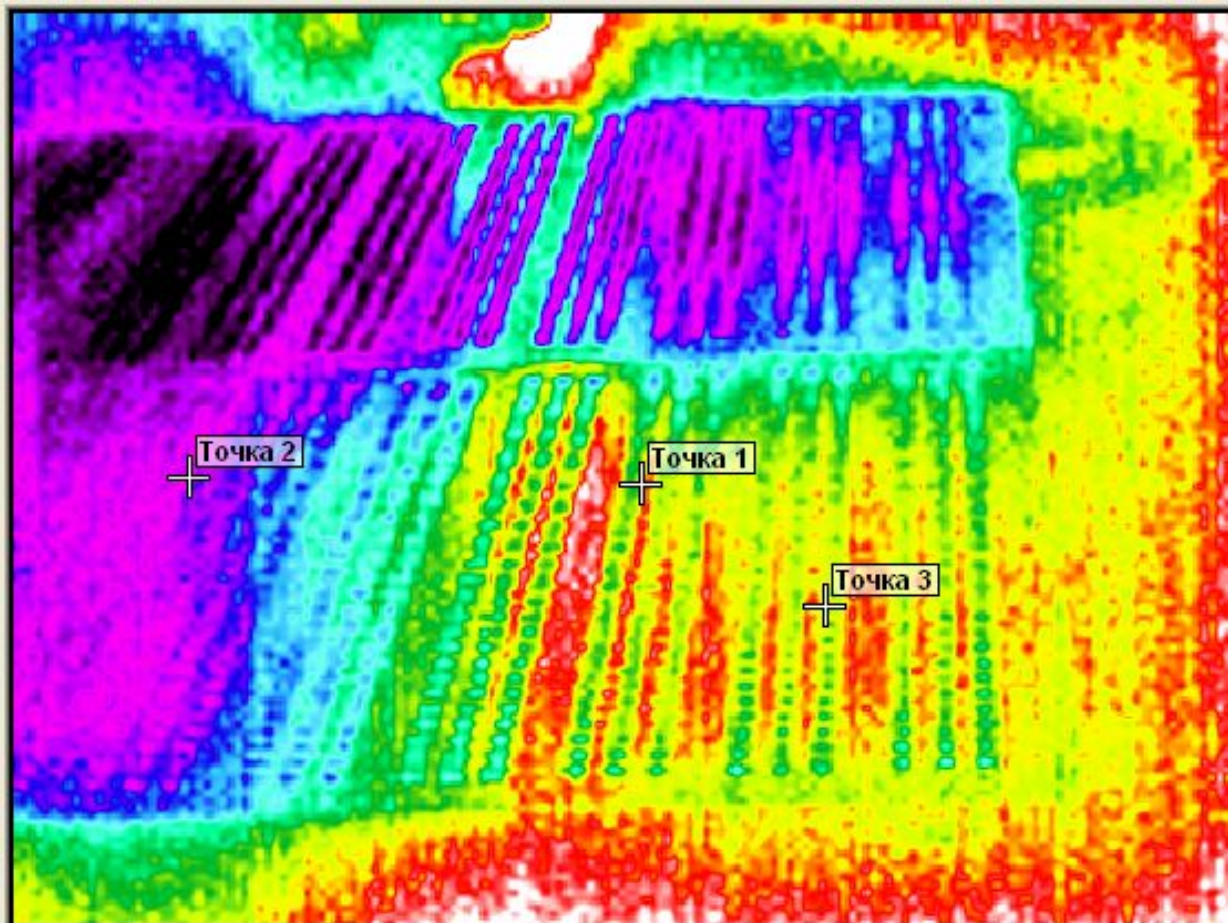
# Раздача воздуха через решетки фальшпола

## 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)

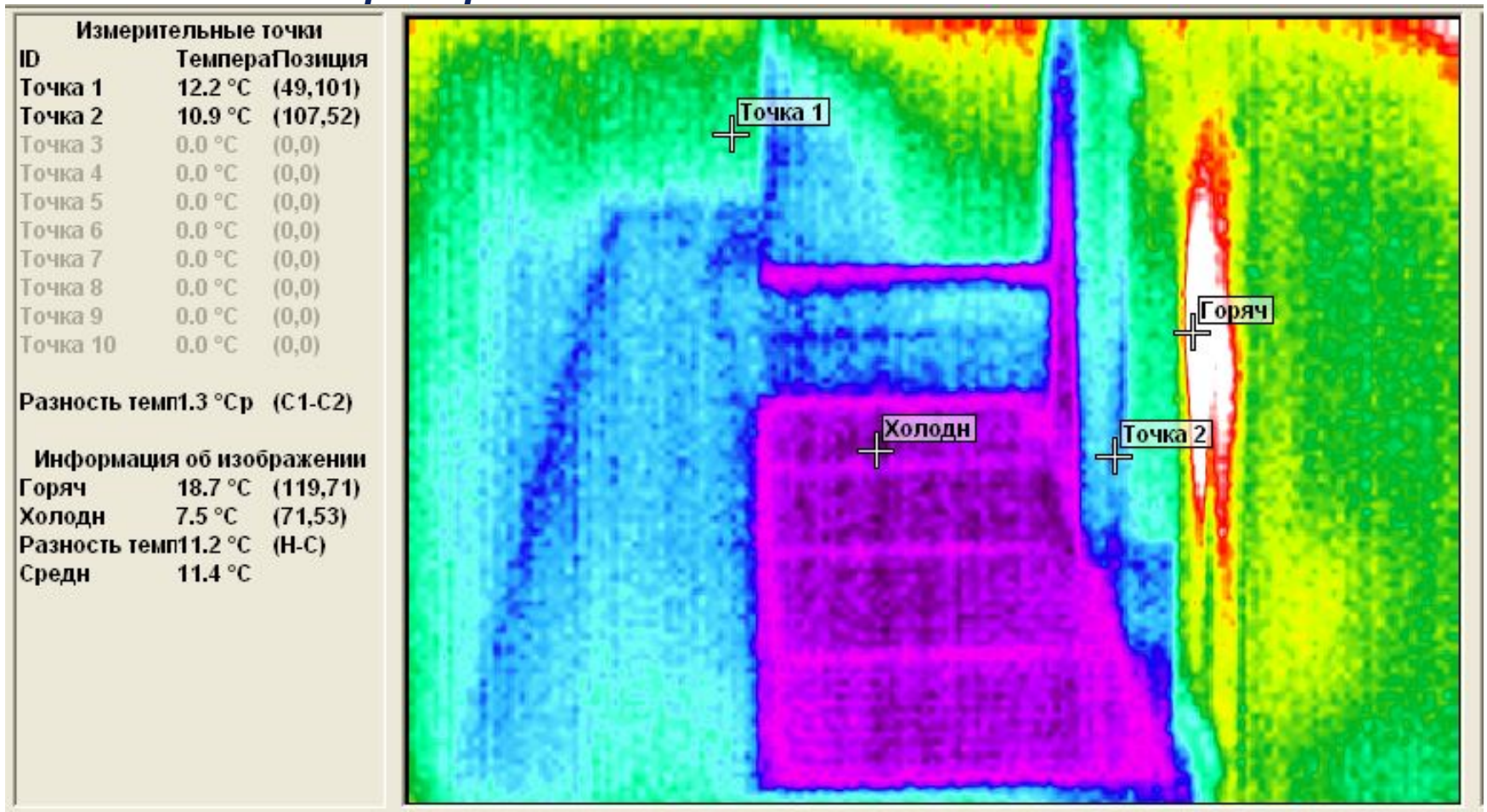
Разность темп 3.1 °Cp (C1-C2)

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

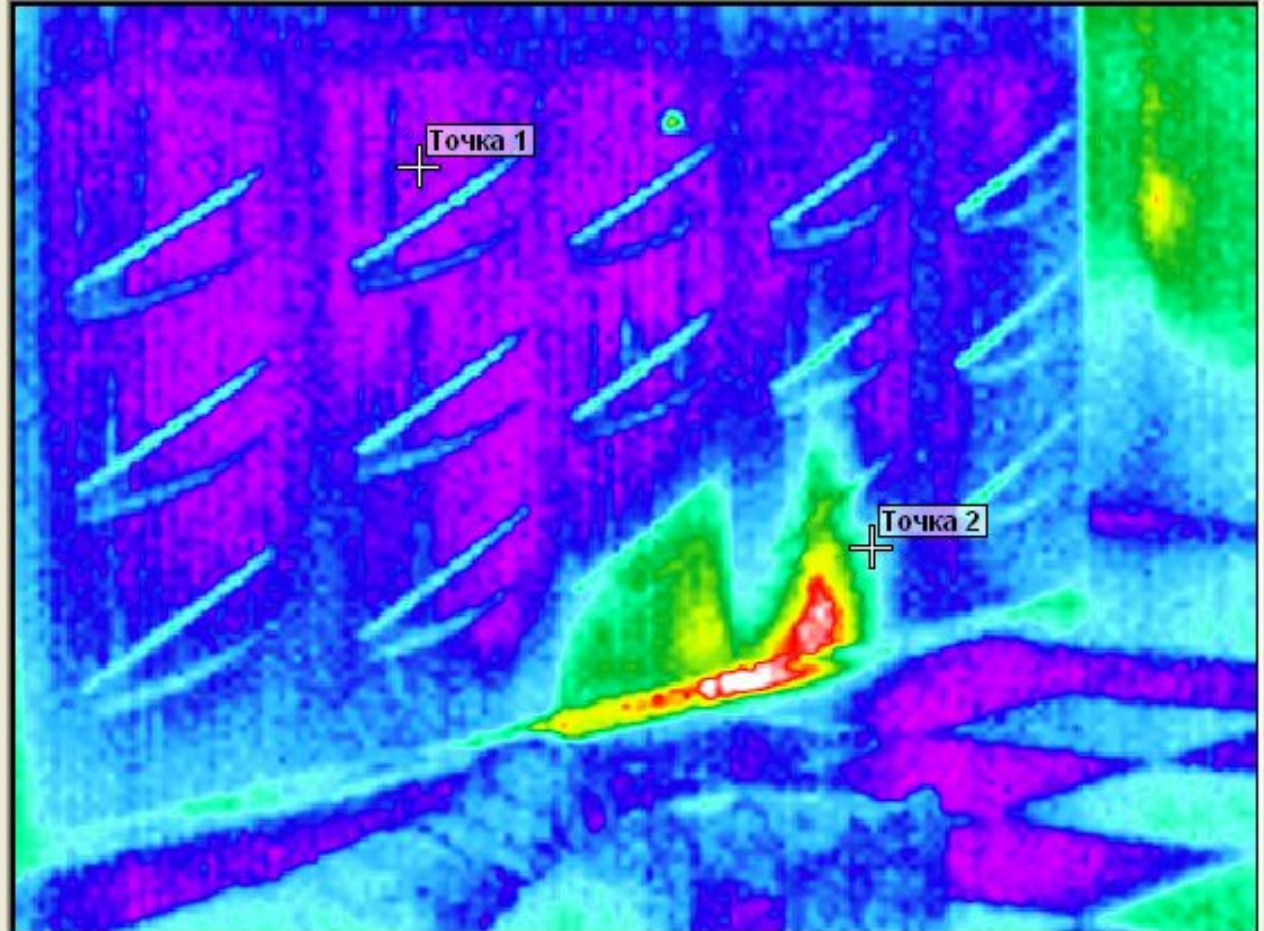
### Измерительные точки

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

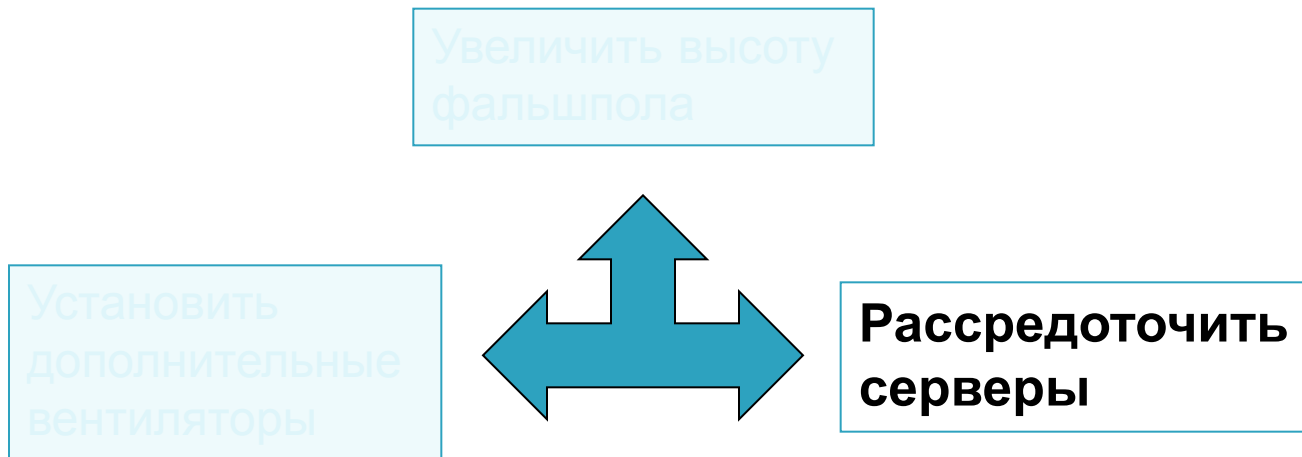
**Минимальная** требуемая высота фальшпола в зависимости от плотности тепловыделения для информационного центра площадью 1000 м<sup>2</sup>



# Охлаждение воздуха в помещении

---

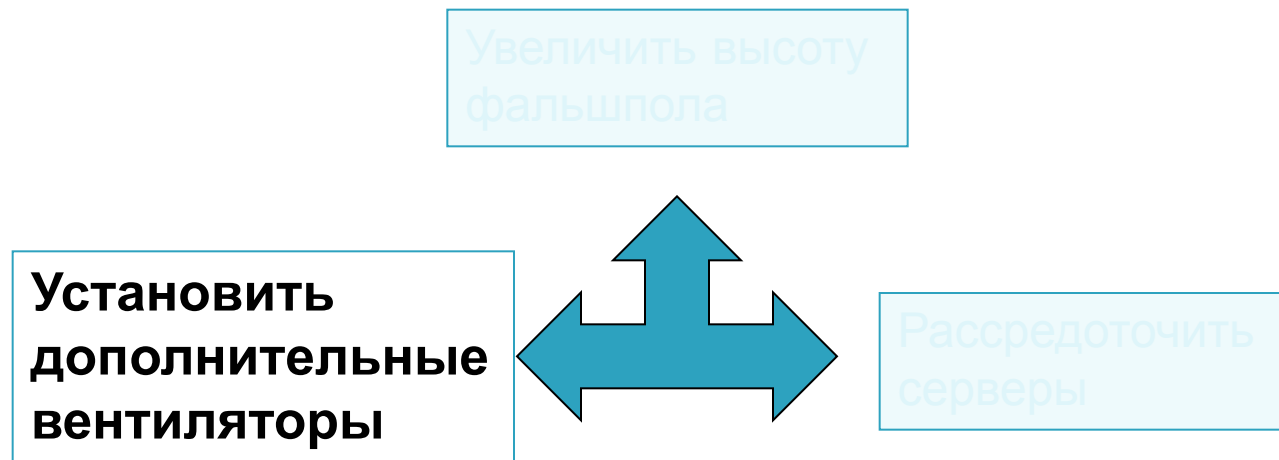
Подход, основанный на охлаждении воздуха в помещении, не может удовлетворить потребностей охлаждения в случае высокой плотности тепловыделения даже если принять следующие меры:





# 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

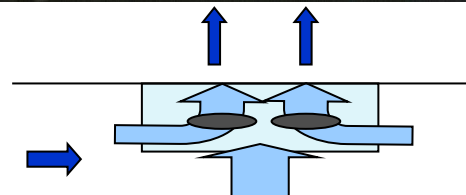
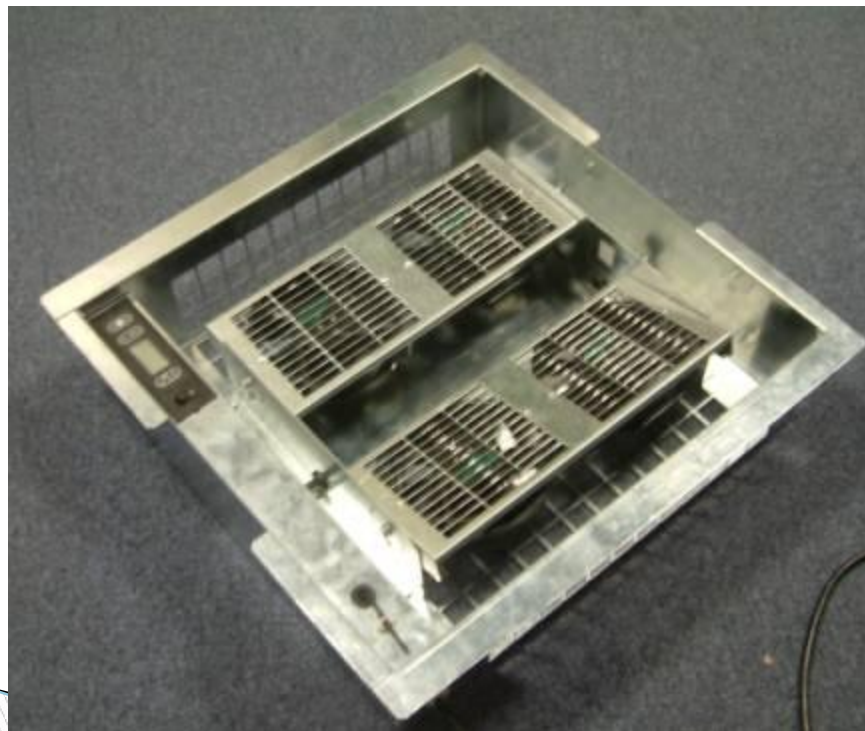
- Увеличивает энергопотребление
- Увеличивает тепловую нагрузку
- Увеличивает уровень шума
- Не обеспечивает теплоотвод
- Добавление 500 вентиляторов на участок увеличивает тепловую нагрузку на 100 - 200 кВт
  - Требуется дополнительная мощность охлаждения
  - Требуются дополнительные базовые блоки охлаждения



*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

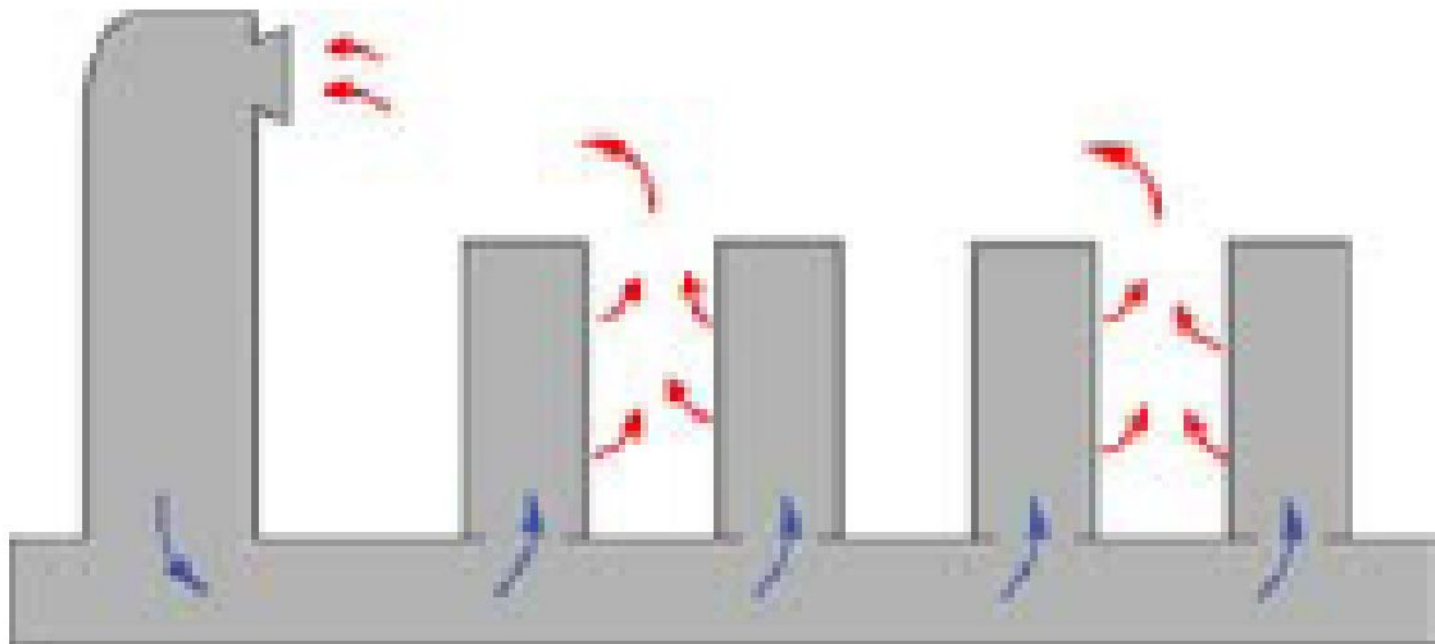
---

- 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*

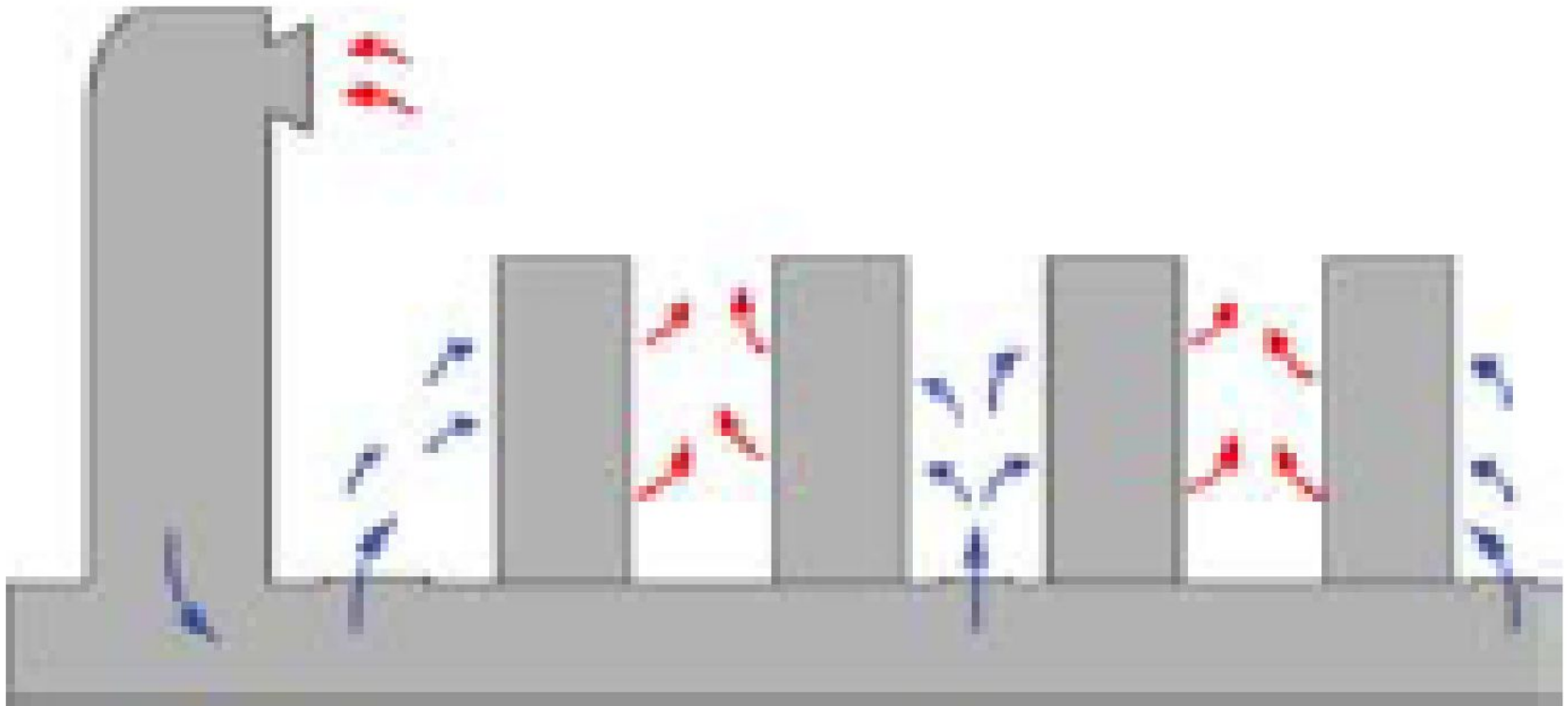
# Распределение воздуха

Тепловыделение стойки до 3 кВт  
Забор воздуха снизу стойки



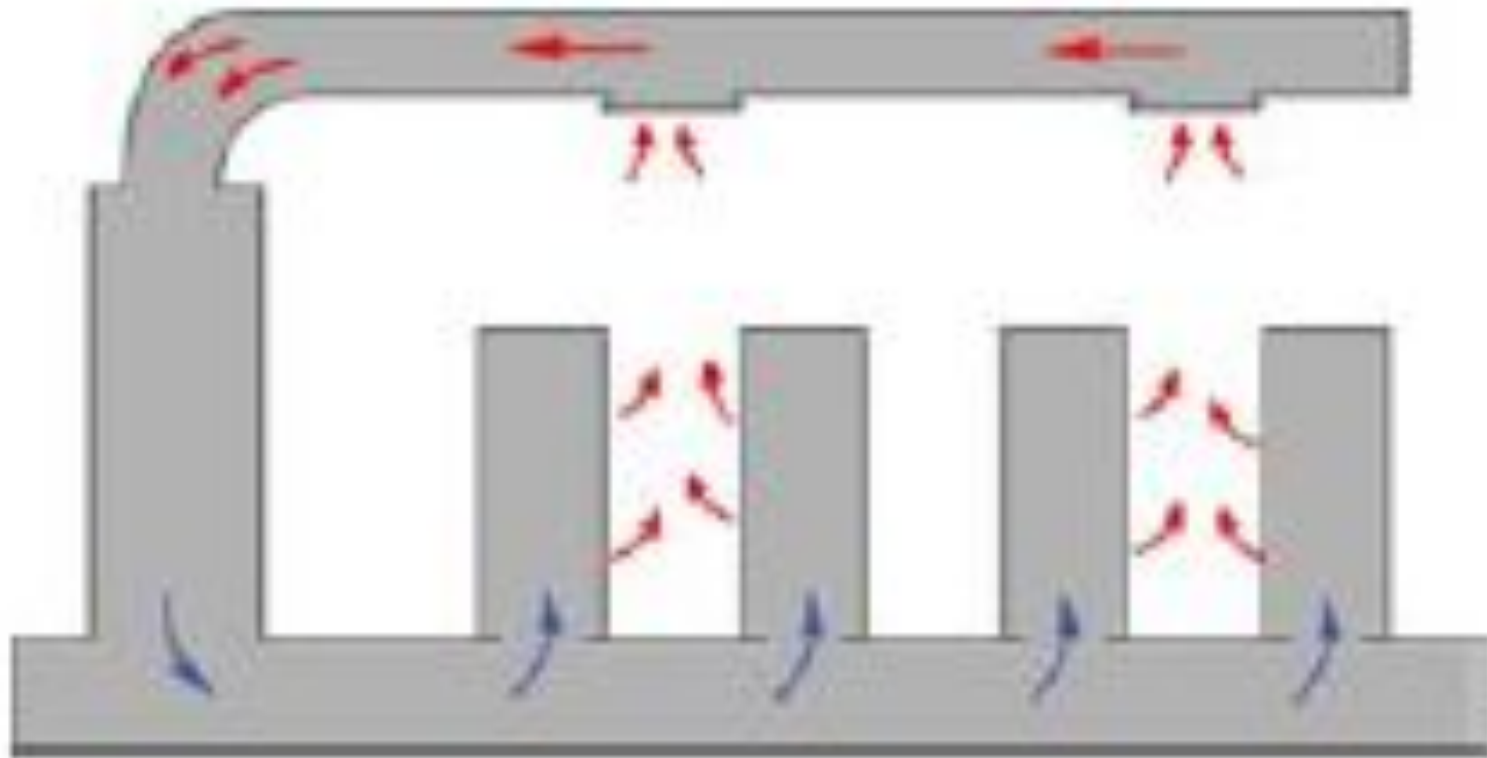
# *Распределение воздуха*

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



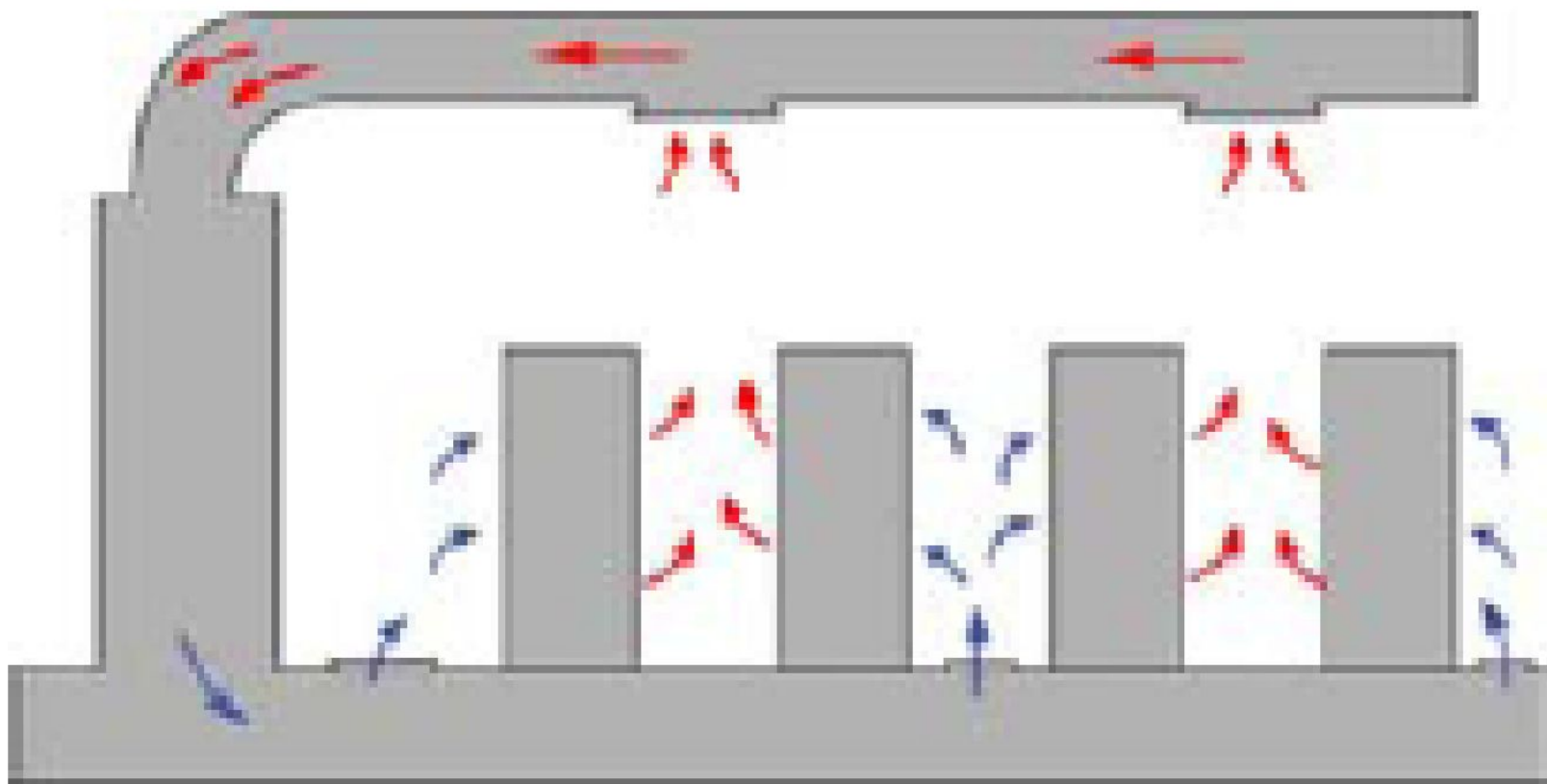
# Распределение воздуха

Тепловыделение стойки до 5 кВт  
Забор воздуха снизу стойки



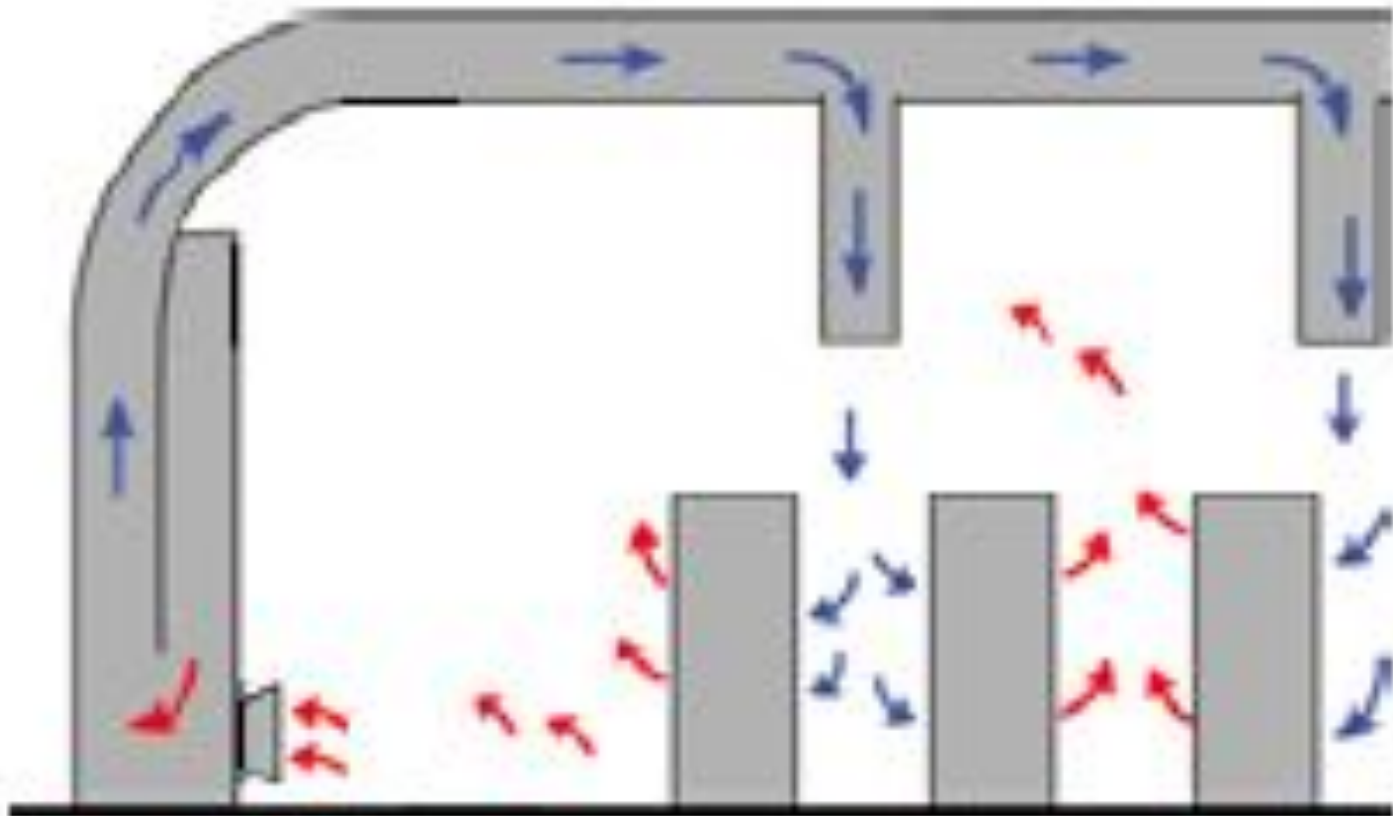
# Распределение воздуха

Тепловыделение стойки до 5 кВт  
Забор воздуха снизу стойки

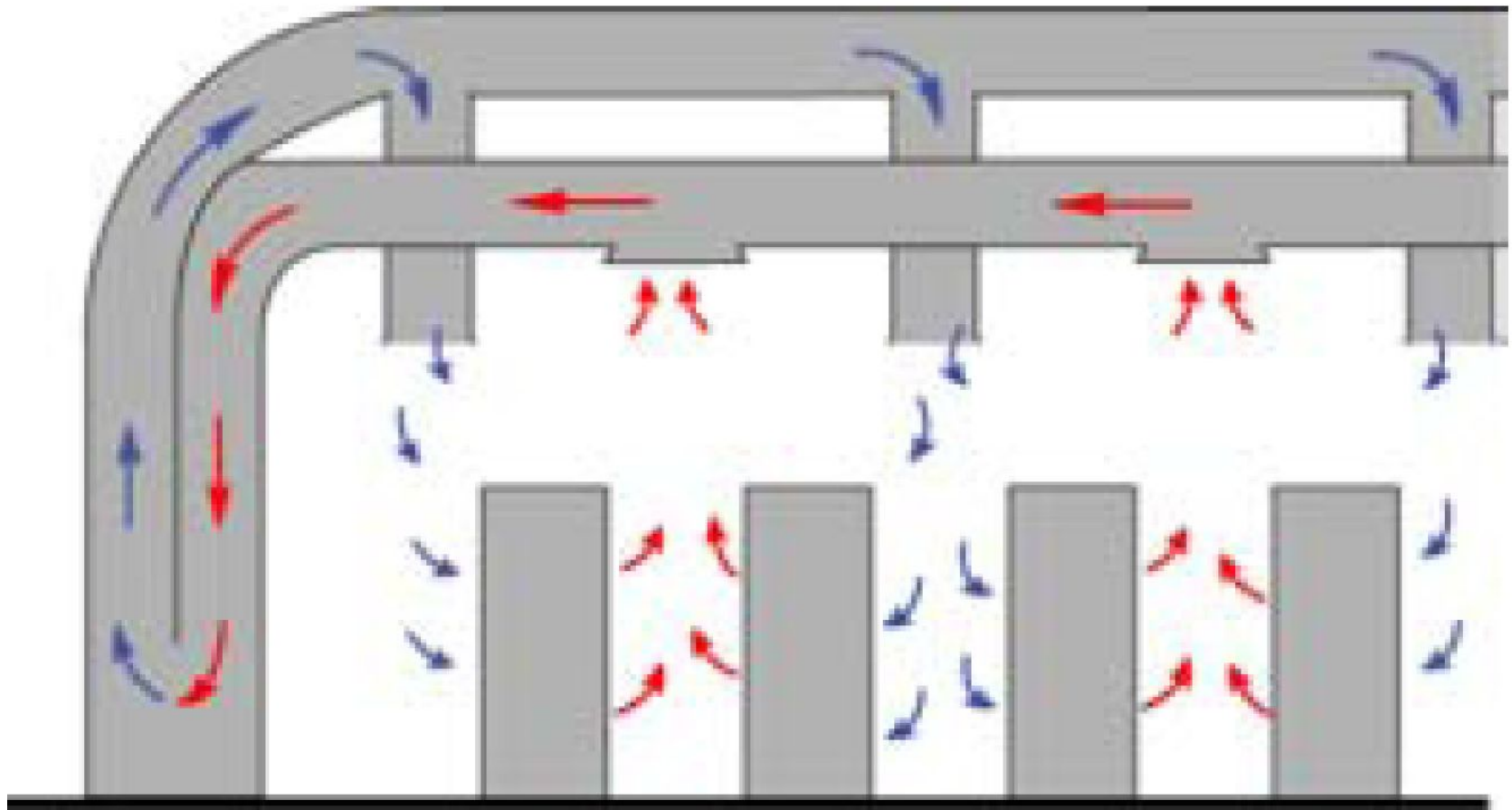




# Распределение воздуха



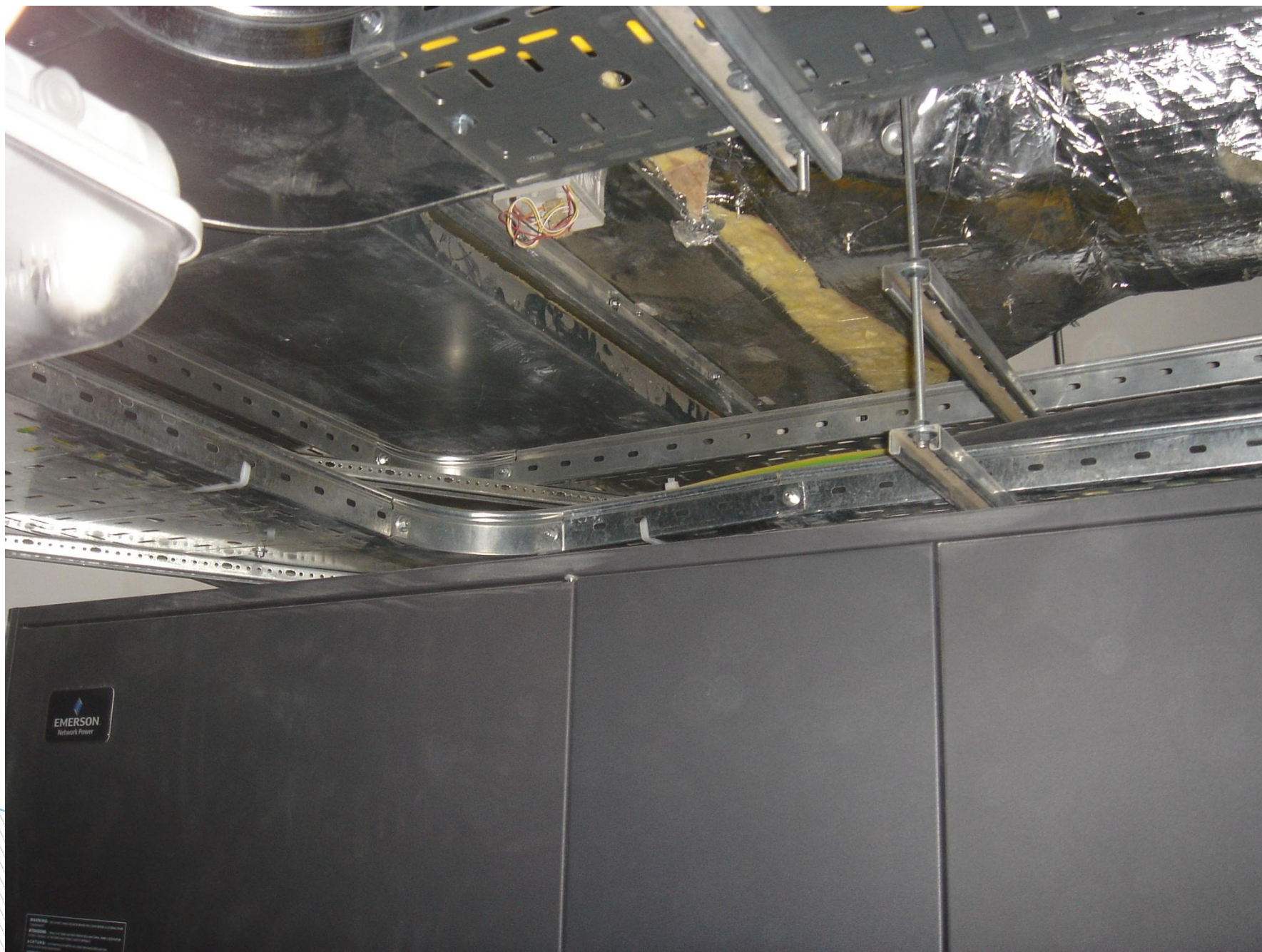
# Распределение воздуха



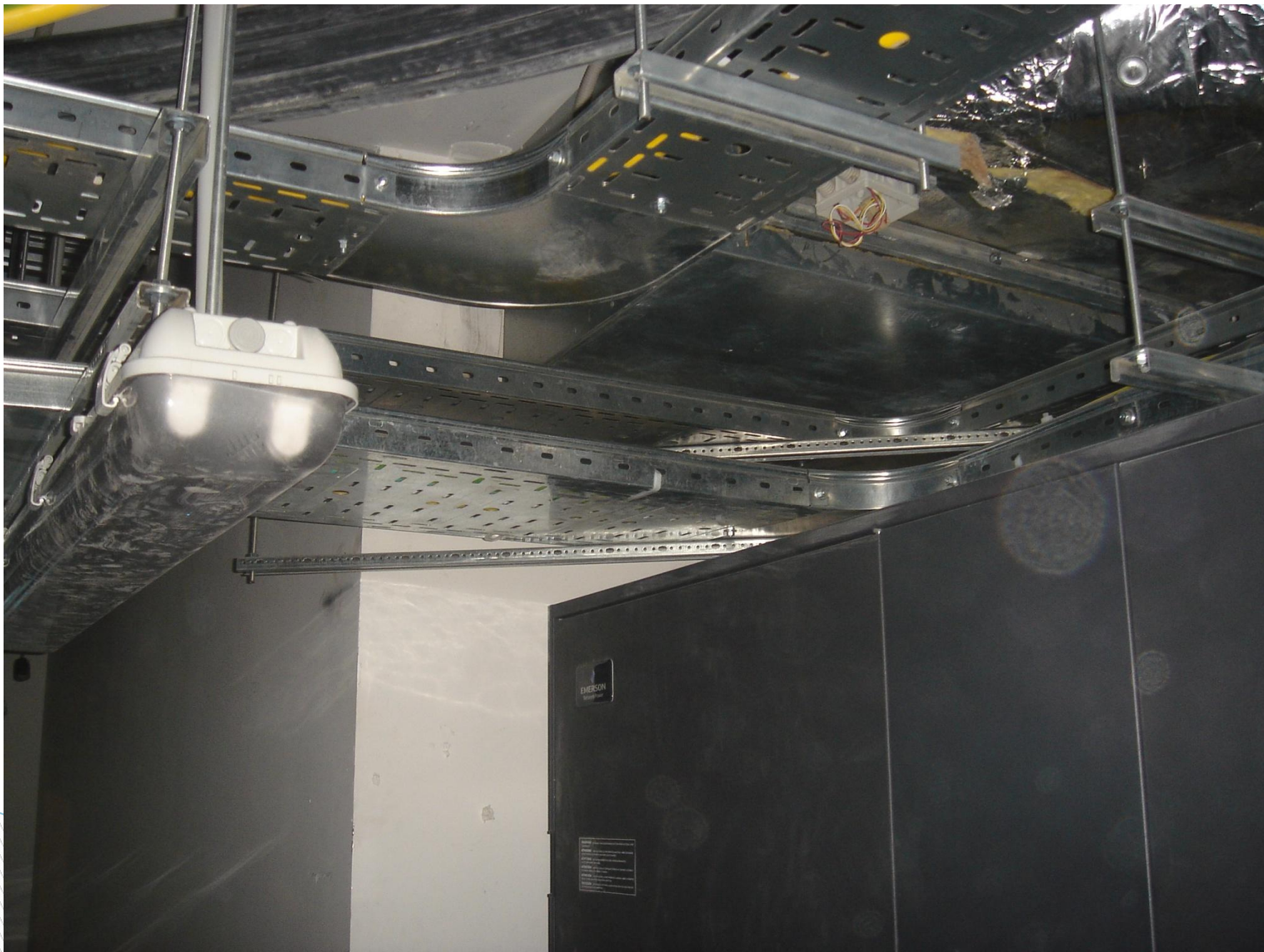
# *Расположение оборудования*



# Расположение оборудования



# Расположение оборудования



# Расположение оборудования



# Расположение оборудования



# Расположение оборудования





# Расположение оборудования



# Расположение оборудования



# Расположение оборудования

