

# Rittal – The System.

Faster – better – everywhere.

## ► Охлаждение распределительных шкафов и процессов



# Rittal – The System.

Faster – better – everywhere.

## ► Охлаждение распределительных шкафов и процессов



FRIEDHELM LOH GROUP



Дипломированный инженер Генрих Штюппа до ухода на заслуженный отдых был руководителем направления охлаждения распределительных шкафов и процессов в компании Rittal, Херборн. Он был инициатором большого количества инноваций, например, вывода на рынок озоно-безопасных холодильных агрегатов ProOzon и микропроцессорной техники, воздухо-водяных теплообменников, нанотехнологий и энергоэффективных агрегатов. В многочисленных публикациях и докладах Генрих Штюппа подчеркивал инновационные возможности по отводу тепла

из распределительных шкафов и производственных установок.

Деятельность господина Штюппы была во многом поддержана Ральфом Шнайдером, руководителем международного отдела развития бизнеса в области контроля микроклимата Rittal GmbH & Co. KG.



## Техническая библиотека Rittal, том 2

Издатель Rittal GmbH & Co. KG  
Херборн, сентябрь 2013

Все авторские права защищены.  
Любое тиражирование и распространение без письменного согласия запрещено.

Текстовое содержание и рисунки были тщательно отобраны авторами и издателями. В то же время гарантии правильности, полноты и актуальности содержимого книги не предоставляются. Издатели и авторы не несут ответственности за прямой или косвенный ущерб, нанесенный по причине использования информации из книги.

© 2013 Rittal GmbH & Co. KG  
Напечатано в России

Реализация:  
Rittal GmbH & Co. KG  
Мартин Кандзиора, Дагмар Либегут

ENCLOSURES

POWER DISTRIBUTION

CLIMATE CONTROL

# Введение

В связи с обостряющимися экологическими проблемами, а также растущими ценами на электроэнергию, основной темой в области промышленных производственных процессов является эффективное расходование энергии.

Передовые технологии производителей станков из Германии теперь дополняются еще одним преимуществом – энергоэффективностью.

Преимущества и отличие от продуктов компаний-конкурентов теперь заключаются не только в точности, производительности, качестве и надежности, но еще и в области потребления электроэнергии! Европейский союз уже отреагировал и включил обрабатывающие станки в список энергозависимого оборудования в рамках директивы EUP.

Однако использование мощного оборудования на производстве привело к росту тепловыделения в распределительных шкафах.

Благодаря высокоэффективным решениям, компания Rittal сумела дать ответ таким тенденциям и разработала компоненты и системы контроля микроклимата с КПД, увеличенным до 40% по сравнению с системами предыдущего поколения.

Не без оснований компания Rittal является сегодня не только лидером рынка, но и технологическим лидером в области охлаждения распределительных шкафов, машин, серверных стоек и центров обработки данных.

В этой книге приводится обзор возможностей современного и энергоэффективного охлаждения шкафов и машин.

Генрих Штюппа

# Rittal – The System.

Faster – better – everywhere.



ENCLOSURES

POWER DISTRIBUTION

CLIMATE CONTROL

# Единое целое – это больше, чем сумма отдельных частей.

Это относится и к "Rittal – The System." Поэтому мы объединили наши инновационные продукты в области корпусов, электро-распределения, контроля микроклимата и IT-инфраструктуры в единую системную платформу. В сочетании с разнообразным программным обеспечением и всемирным сервисом мы обеспечиваем дополнительное преимущество для различных областей: производственные установки, измерительные системы, инженерные системы зданий и ЦОД. Согласно нашему простому принципу "faster – better – everywhere" мы обеспечиваем оптимальное сочетание инновационных продуктов и эффективного сервиса.

**Faster** – благодаря модульной программе решений "Rittal – The System.", которая обеспечивает совместимость систем, быстрое проектирование, монтаж, изменение конфигурации и ввод в эксплуатацию.

**Better** – благодаря быстрой реализации тенденций рынка в виде продуктов. Наша инновационность обеспечивает Вам конкурентные преимущества.

**Everywhere** – благодаря присутствию в 150 точках мира. По всему миру более 60 дочерних компаний, более 250 сервисных партнеров и более 1000 сервисных инженеров. Уже более 50 лет мы и наша продукция находятся рядом с Вами не только на словах, но и на деле.

IT INFRASTRUCTURE

SOFTWARE & SERVICES



# Rittal – The System.

Faster – better – everywhere.

## » nextlevel

for industry

Благодаря программному обеспечению Therm и инновационному мобильному приложению Therm, расчет потребности в охлаждении максимально упрощается. Программа продуктов Rittal в области контроля микроклимата обеспечивает решение любых задач.

### Rittal – The System.

- Rittal – Therm
- Rittal – протестированные системы охлаждения



ENCLOSURES

POWER DISTRIBUTION

CLIMATE CONTROL



IT INFRASTRUCTURE

SOFTWARE & SERVICES





# Rittal – The System.

Faster – better – everywhere.

## Контроль микроклимата

- Воздушное охлаждение
- Холодильные агрегаты
- Жидкостное охлаждение
- Обогреватели



ENCLOSURES

POWER DISTRIBUTION

CLIMATE CONTROL

- Мощность – подтверждена TÜV у холодильных агрегатов TopTherm
- Экологичность – использование озонобезопасного хладагента более 20 лет



IT INFRASTRUCTURE

SOFTWARE & SERVICES



# Rittal – The System.

Faster – better – everywhere.

## Ваши преимущества

Как поставщик систем, Rittal по всему миру является ведущим производителем особо энергоэффективных решений по контролю микроклимата, которые точно соответствуют поставленным требованиям.

**Faster** – быстрое проектирование с помощью приложения Therm

**Better** – эффективное и энергосберегающее оборудование

**Everywhere** – сервис запасных частей по всему миру



ENCLOSURES

POWER DISTRIBUTION

CLIMATE CONTROL



IT INFRASTRUCTURE

SOFTWARE & SERVICES



# Rittal – The System.

Faster – better – everywhere.

**Информация  
для заказа**



**Каталог**  
Информация о продукции



**Преимущества**



**Каталог технических систем**  
Преимущества



На бумаге	■	—
DVD	■	■
www.rittal.ru	■	■

ENCLOSURES

POWER DISTRIBUTION

CLIMATE CONTROL

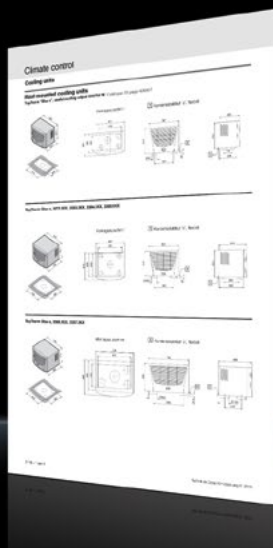
# Информационная структура

## Техника

### Технические характеристики

Технические чертежи

Диаграммы характеристик



## Знания

### Техническая библиотека

Дополнительная информация



IT INFRASTRUCTURE

SOFTWARE & SERVICES



# Rittal – The System.

Faster – better – everywhere.



ENCLOSURES

POWER DISTRIBUTION

CLIMATE CONTROL

# Содержание

## Основы

Зачем нужен распределительный шкаф? .....	18
Зачем нужен отвод тепла из распределительного шкафа? .....	20
Виды теплоотвода .....	21
Физические основы расчета теплоотвода .....	23
Зачем нужны обогреватели? .....	28

## Активный теплоотвод

Теплоотвод принудительной циркуляцией воздуха .....	32
Теплоотвод фильтрующими вентиляторами .....	33
Теплоотвод воздухо-воздушными теплообменниками .....	37
Теплоотвод термоэлектрическим охлаждением .....	40
Теплоотвод воздухо-водяными теплообменниками .....	42
Отвод больших тепловых мощностей (мощности > 10 кВт) .....	48
Прямое водяное охлаждение .....	50
Активный контроль микроклимата с холодильными агрегатами .....	53
Общий обзор .....	61
Выбор и расчет решений по контролю микроклимата с помощью ПО Therm .....	62

## Советы по проектированию и эксплуатации

Полезные и важные советы по проектированию и эксплуатации .....	66
Внешний контур – свободное пространство .....	68
Обслуживание .....	71

## Что такое охлаждение машин и процессов?

Необходимость охлаждения машин и процессов .....	76
--	----

## Указатели

Предметный указатель .....	90
Глоссарий .....	91
Список литературы .....	92

## Указание:

Информация по IT-охлаждению появится в марте 2014 г.  
Правила создания НКУ (книга уже вышла)



# Rittal – The System.

Faster – better – everywhere.



ENCLOSURES

POWER DISTRIBUTION

CLIMATE CONTROL

# ОСНОВЫ

<b>Зачем нужен распределительный шкаф? .....</b>	<b>18</b>
<b>Зачем нужен отвод тепла из распределительного шкафа? .....</b>	<b>20</b>
<b>Виды теплоотвода .....</b>	<b>21</b>
■ Охлаждение через стенки шкафа .....	21
■ Охлаждение потоком воздуха .....	22
<b>Физические основы расчета теплоотвода .....</b>	<b>23</b>
<b>Зачем нужны обогреватели? .....</b>	<b>28</b>

## ■ Зачем нужен распределительный шкаф?

Главной задачей распределительного шкафа является защита электронных компонентов и приборов от агрессивных сред, например, влаги, воды, частиц масла в воздухе, агрессивных паров, а также от содержащейся в воздухе пыли.

Если защита не обеспечена, то это может привести к выходу электронных компонентов из строя и простоя производственных установок. При простое производственных установок возникают затраты, которые могут стать значительными.

Таким образом, задачей корпуса или распределительного шкафа является длительная защита чувствительной и дорогой электроники и компонентов.

Существуют различные степени защиты в зависимости от условий окружающей среды, в которых

установлен рассматриваемый распределительный шкаф.

Степени защиты определяются с помощью **кодов IP** либо с помощью **типовых рейтингов NEMA**.

Аббревиатура "IP" происходит от "Ingress Protection" (в переводе с английского – **защита от проникновения**). Степень защиты определяется обозначением из двух обязательных букв и двух цифр.

Соответствующим стандартом по степеням защиты является DIN EN 60 529 (ГОСТ 14254-96).

### Классификация IP, степень защиты от проникновения посторонних тел и прикосновения

1-я цифра	Значение	
DIN EN 60 529	Защита от посторонних тел	Защита от прикосновения
0	Защита отсутствует	Защита отсутствует
1	Защита от твердых тел диаметром от 50 мм	Защита от прикосновения кистями рук
2	Защита от твердых тел диаметром от 12,5 мм	Защита от прикосновения пальцами
3	Защита от твердых тел диаметром от 2,5 мм	Защита от прикосновения инструментом
4	Защита от твердых тел диаметром от 1 мм	Защита от прикосновения проводом
5	Защита от пыли в опасных количествах	Полная защита от прикосновения
6	Пыленепроницаемость	Полная защита от прикосновения

**Классификация IP, степень защиты от воды**

2-я цифра	Значение
DIN EN 60 529	Защита от воды
0	Защита отсутствует
1	Защита от капающей воды
2	Защита от капающей воды под углом до 15° к вертикали
3	Защита от брызг воды под углом до 60° к вертикали
4	Защита от водяных брызг со всех сторон
5	Защита от струй воды (из форсунки) под любым углом
6	Защита от сильных струй воды
7	Защита при кратковременном погружении
8	Защита при длительном погружении

**Классификация NEMA**

Типовые рейтинги	
1	Внутренняя установка, защита от падающей грязи
4	Внутренняя или наружная установка, защита от переносимой ветром пыли и дождя, водяных брызг и струй; кроме того, защита от повреждений при внешнем обледенении шкафа
4X	Внутренняя или наружная установка, защита от переносимой ветром пыли и дождя, водяных брызг, струй и коррозии; кроме того, защита от повреждений при внешнем обледенении шкафа
12	Внутренняя установка, защита от падающей грязи, кружащейся пыли, а также капающих некоррозийных жидкостей

NEMA является аббревиатурой **National Electrical Manufacturers Association**.

Сегодня для современных распределительных шкафов необходимы высокие степени защиты, поэтому шкафы должны быть достаточно

герметичными. Следствием является не только то, что посторонние предметы не могут проникнуть внутрь шкафа, но и то, что выделяемое электронными компонентами тепло не может выйти из шкафа наружу.

## ■ Зачем нужен отвод тепла из распределительного шкафа?

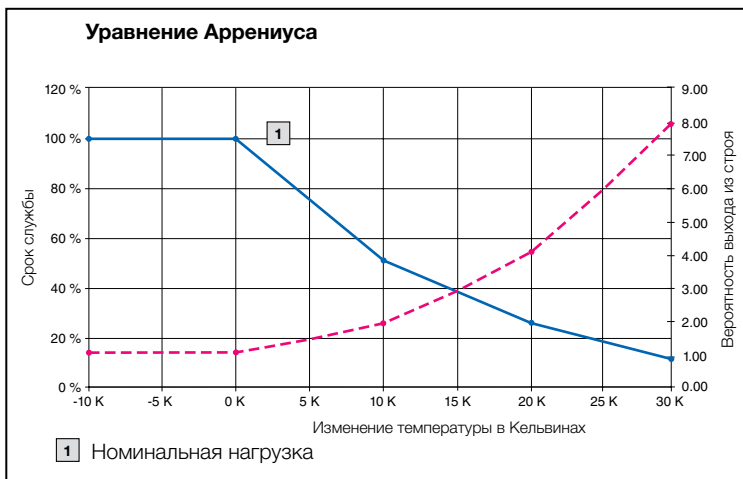
Помимо негативных внешних воздействий, например, содержание масла, влаги и пыли в воздухе, тепло является "врагом №1" для высокопроизводительной микроэлектроники и электронных компонентов в шкафу.

В расчете на отдельный компонент, тепловыделение электроники в последние годы стало значительно ниже. Однако одновременно с этим значительно возрасла плотность оборудования в шкафах, что привело к повышению тепловыделения в шкафу на 50-60%.

С появлением микроэлектроники и новых электронных компонентов изменились требования к конструкции распределительного шкафа, а также требования по отводу тепла из шкафов и корпусов с электроникой.

Современные системы контроля микроклимата должны учитывать эти новые условия и обеспечивать лучшее техническое решение с точки зрения энергоэффективности.

Как уже было указано, самой распространенной причиной выхода из строя электронных компонентов является тепло. Срок службы компонентов уменьшается, а вероятность выхода из строя увеличивается вдвое при повышении температуры на 10 К относительно максимально допустимой температуры эксплуатации (см. уравнение Аррениуса).



## ■ Виды теплоотвода

Бесперебойная работа производственных установок очень сильно зависит от того, каким образом отводится тепло из шкафов, в которых установлены их электрические и электронные компоненты.

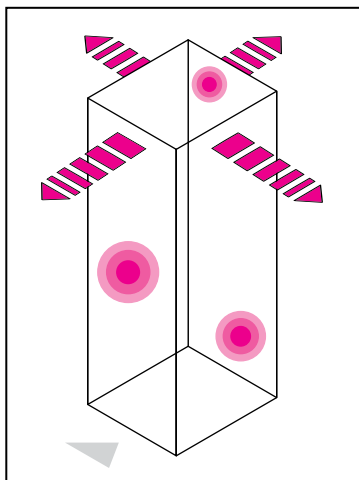
Существуют три различных вида передачи тепла:

- Теплопроводность
- Конвекция
- Излучение тепла

В распределительных шкафах и корпусах с электроникой чаще всего приходится сталкиваться с теплопроводностью и конвекцией. При излучении тепла тепло в форме лучистой энергии без носителя передается от одного тела к другому, поэтому в данном случае излучение играет второстепенную роль.

Наличие теплопроводности или конвекции зависит от того, является ли шкаф открытым, воздухопроницаемым или закрытым и герметичным. В случае открытого шкафа выделяемое тепло отводится за пределы шкафа потоком воздуха, то есть за счет теплопроводности. Если шкаф должен быть закрытым, то отвод тепла возможен только через стенки, т. е. путем конвекции.

### Охлаждение через стенки шкафа (конвекция) при положительной разности температур $T_i > T_u$



#### Метод:

- Охлаждение через поверхность шкафа

#### Степень защиты:

- До IP 68

#### Макс. мощность охлаждения:

- 350 Вт

#### Преимущества:

- Нет дополнительных затрат
- Высокая степень защиты

#### Недостатки:

- Внутри шкафа могут возникать скопления тепла

## Охлаждение потоком воздуха (теплопроводность) при положительной разности температур $T_i > T_u$

### Метод:

- Охлаждение конвекцией

### Степень защиты:

- До IP 21

### Макс. мощность охлаждения:

- 500 Вт

### Преимущества:

- Нет дополнительных затрат

### Недостатки:

- Нет высокой степени защиты
- Внутри шкафа могут возникать скопления тепла

Какой вид теплоотвода возможен, зависит не только от того, является ли шкаф открытым или закрытым, но прежде всего от максимальной температуры окружающей среды в месте установки шкафа и максимально допустимой температуры внутри шкафа.

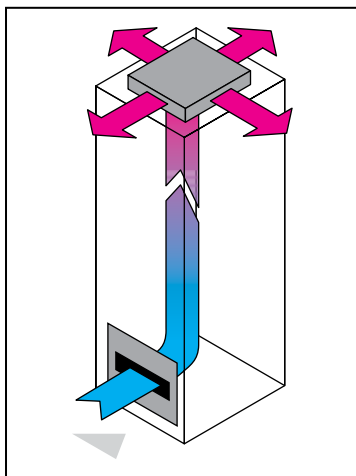
Возможность отвода тепловыделения ( $\dot{Q}_v$ ) за пределы шкафа через стенки с помощью конвекции зависит от температуры окружающей среды ( $T_u$ ) и максимально допустимой температуры внутри шкафа ( $T_i$ ). Максимальное повышение температуры в шкафу относительно окружающей среды можно рассчитать по формуле:

$$(T_i - T_u) = \frac{\dot{Q}_v}{k \cdot A}$$

При этом  $k$  – это коэффициент теплопередачи (у листовой стали  $k = 5,5 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}$ ), а  $A$  ( $\text{м}^2$ ) – это площадь поверхности шкафа, которая определяется согласно DIN 57 660 часть 500.

Пример расчета:

Тепловыделение оборудования в шкафу  $\dot{Q}_v = 400 \text{ Вт}$



Поверхность шкафа  
(Ш x В x Г = 600 x 2000 x 600 мм)  
 $A = 5,16 \text{ м}^2$ ;  $T_u = 22^\circ\text{C}$

$$(T_i - T_u) = \frac{400}{5,5 \cdot 5,16} > (22 - 14) = 8^\circ\text{K}$$

### Результат:

Температура внутри шкафа ( $T_i$ ) при тепловыделении 400 Вт и площади поверхности 5,16  $\text{м}^2$  увеличится до пр.  $+30^\circ\text{C}$  при температуре окружающей среды  $+22^\circ\text{C}$ .

### Итог:

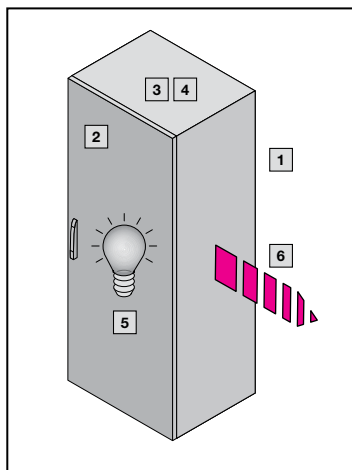
Такое тепловыделение может при указанных параметрах быть выведено через поверхность шкафа наружу.

В данном случае речь идет о пассивном теплоотводе из шкафа, так как вентиляторы и другие компоненты контроля микроклимата не применяются.

## ■ Физические основы расчета теплоотвода

Для определения необходимых мер по контролю микроклимата необходимо рассчитать тепловыделение внутри шкафа  $\dot{Q}_v$ . Кроме того, необходимо определить следующие параметры:

Параметр	
$\dot{Q}_v$	Тепловыделение оборудования, установленного в шкафу [Вт]
$\dot{Q}_s$	Излучение тепла через поверхность шкафа [Вт] $\dot{Q}_s = k \cdot A \cdot \Delta T$
$\dot{Q}_k$	Необходимая полезная мощность охлаждения [Вт]
$\Delta T$	Разность между внутренней и наружной температурами [К] $\Delta T = (T_i - T_u)$
$\dot{Q}_e$	Необходимая мощность охлаждения [Вт] $\dot{Q}_e = \dot{Q}_v - \dot{Q}_s$
$V$	Необходимый объемный расход фильтрующего вентилятора [м <sup>3</sup> /ч] Приближенный расчет: $V = \frac{3,1 \cdot \dot{Q}_v}{\Delta T}$



1	$T_u$	Максимальная температура окружающей среды
2	$T_i$	Максимальная температура внутри шкафа
3	A	Эффективная поверхность шкафа (VDE)
4	k	Коэффициент теплопередачи
5	$\dot{Q}_v$	Тепловыделение
6	$\dot{Q}_s$	Излучение тепла через поверхность шкафа
	IP XX	Степень защиты
	Способ установки, см. страницу 24	



Максимальная температура внутри шкафа ( $T_i$ ) должна быть выбрана в зависимости от установленных в шкаф электрических или электронных компонентов.








Согласно МЭК 60 204-1 "Безопасность машин" электрооборудование машин должно работать при указанной температуре воздуха. Минимальным требованием является бесперебойная работа при температурах воздуха от  $+5^{\circ}\text{C}$  и  $+40^{\circ}\text{C}$ . Для рекомендуемой температуры

внутри шкафа было выбрано среднее значение в  $+35^{\circ}\text{C}$ . Внутренняя температура является основой для всех расчетов необходимых систем контроля микроклимата в шкафу.

Помимо описанных ранее физических величин, должна быть определена поверхность шкафа в зависимости от способа установки.

Соответствующие сведения в зависимости от способа установки описаны в DIN VDE 0660 часть 500/МЭК 890

### Способ установки корпуса согласно МЭК 60 890

	Отдельный корпус, свободно стоящий $A = 1,8 \cdot B \cdot (\text{Ш} + \Gamma) + 1,4 \cdot \text{Ш} \cdot \Gamma$
	Отдельный корпус у стены $A = 1,4 \cdot \text{Ш} \cdot (B + \Gamma) + 1,8 \cdot B \cdot \Gamma$
	Первый или последний корпус, свободно стоящая линейка $A = 1,4 \cdot \Gamma \cdot (\text{Ш} + B) + 1,8 \cdot \text{Ш} \cdot B$
	Первый или последний корпус, линейка у стены $A = 1,4 \cdot B \cdot (\text{Ш} + \Gamma) + 1,4 \cdot \text{Ш} \cdot \Gamma$
	Средний корпус, свободно стоящая линейка $A = 1,8 \cdot \text{Ш} \cdot B + 1,4 \cdot \text{Ш} \cdot \Gamma + B \cdot \Gamma$
	Средний корпус у стены $A = 1,4 \cdot \text{Ш} \cdot (B + \Gamma) + B \cdot \Gamma$
	Средний корпус у стены с закрытой поверхностью крыши $A = 1,4 \cdot \text{Ш} \cdot B + 0,7 \cdot \text{Ш} \cdot \Gamma + B \cdot \Gamma$

$A$  = эффективная поверхность шкафа [ $\text{м}^2$ ]

$\text{Ш}$  = ширина шкафа [м]

$B$  = высота шкафа [м]

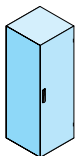
$\Gamma$  = глубина шкафа [м]

Какая тепловая мощность будет излучаться в окружающую среду, или поглощаться из окружающей среды, зависит от способа установки шкафа.

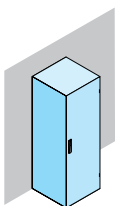
Свободно стоящий шкаф может отдавать большее количества тепла в окружающую среду (при положительной разности между внутренней и наружной температурой,  $T_i > T_u$ ), чем шкаф, встроенный в нишу или интегрированный в конструкцию машины.

## Эффективная поверхность шкафа [м<sup>2</sup>] (VDE 0660 часть 507)

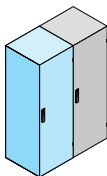
Способ установки шкафа влияет на его эффективную поверхность.



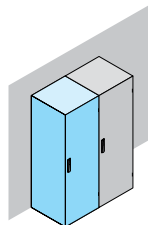
Отдельный корпус, свободно стоящий



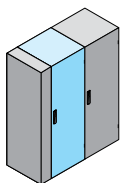
Отдельный корпус у стены



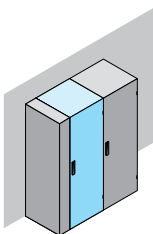
Крайний корпус, свободно стоящая линейка



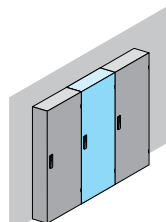
Крайний корпус, линейка у стены



Средний корпус, свободно стоящая линейка



Средний корпус, линейка у стены



Средний корпус у стены с закрытой поверхностью крыши

## Критерии выбора

В зависимости от соотношения температуры окружающей среды ( $T_u$ ) и желаемой температуры внутри шкафа ( $T_i$ ) можно сразу определить, какие возможности по контролю микроклимата доступны.

<b>Пассивный контроль микроклимата</b>	
Естественная конвекция	$T_i > T_u$
<b>Активный контроль микроклимата</b>	
Циркуляция воздуха	$T_i > T_u$
Фильтрующие вентиляторы и выходные фильтры	$T_i > T_u$
Воздухо-воздушные теплообменники	$T_i > T_u$
Воздухо-водяные теплообменники	$T_i < T_u$
Системы обратного/водяного охлаждения	$T_i < T_u$
Холодильные агрегаты	$T_i < T_u$

В следующей таблице приводится обзор возможностей контроля микроклимата с учетом степени защиты и мощности охлаждения.

Представление отдельных методов контроля микроклимата, см. раздел 2, со страницы 31.

## Методы охлаждения, их степени защиты и мощности

Метод	Ст. защиты	Мощность	Стр.
Охлаждение вентиляторами	IP 20	8000 Вт	33
Охлаждение конвекцией	IP 21	500 Вт	32
Термоэлектрический охладитель	IP 54	1000 Вт	40
Воздухо-воздушные теплообменники	IP 54	1000 Вт	37
Холодильные агрегаты	IP 54	10000 Вт	53
Фильтрующие вентиляторы	до IP 54/IP 55	2000 Вт	33
Воздухо-водяные теплообменники	IP 55	10000 Вт	42
Охлаждение через стенки шкафа	до IP 68	250 Вт	21
Охлаждение циркуляцией воздуха	до IP 68	350 Вт	32
Водоохлаждаемая монтажная панель	до IP 68	3000 Вт	50



IT INFRASTRUCTURE

SOFTWARE & SERVICES



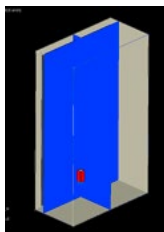
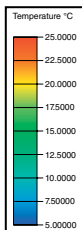
## ■ Зачем нужны обогреватели?

Опасность для электрических и электронных компонентов возникает не только при высоких, но и при низких температурах. В частности, для предупреждения образования влаги и для защиты от мороза внутреннее пространство шкафа необходимо обогревать. Кроме того, необходимо избегать образования конденсата на компонентах.

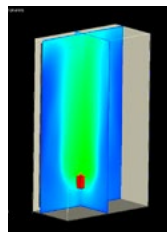
С помощью CFD-моделирования (вычислительная гидродинамика) было разработано новейшее поколение обогревателей распределительных шкафов. Большое значение имеет расположение обогревателя в шкафу для равномерного распределения температу-

ры внутри шкафа. Таким образом, рекомендуется располагать обогреватель в нижней части шкафа, чтобы обеспечить равномерное распределение температуры и эффективность.

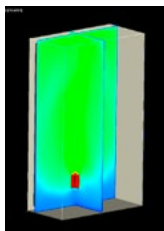
Благодаря технологии PTC при максимальной температуре поверхности обогревателя снижается рабочий ток. Совместно с термостатом возможно получение эффективного энергосберегающего решения по обогреву. Необходимая мощность обогрева зависит от температуры окружающей среды и фактической поверхности шкафа согл. VDE 0660 часть 507.



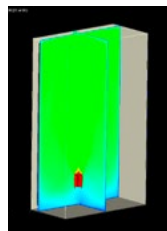
Начало



Через 5 минут



Через 15 минут



Через 30 минут

**Пример:**

Свободно стоящий шкаф  
Ш x В x Г = 600 · 2000 · 500 мм

Минимальная температура окружающей среды  
 $T_u = -5^{\circ}\text{C}$

Минимальная температура внутри шкафа  $T_i = +10^{\circ}\text{C}$

Необходимая мощность обогрева рассчитывается по уже известной формуле для излучения  
 $Q = A \cdot k \cdot (T_i - T_u)$

$k$  = коэффициент теплопередачи  
5,5 Вт/м<sup>2</sup>К

$A = 4,38 \text{ м}^2$

$\dot{Q}_h = 4,38 \text{ м}^2 \cdot 5,5 \text{ Вт/м}^2 \text{ К} \cdot (+10 + 5) = 361,35 > 361 \text{ Ватт}$

**Результат:**

Необходимо выбрать обогреватель с мощностью обогрева минимум 361 Ватт.

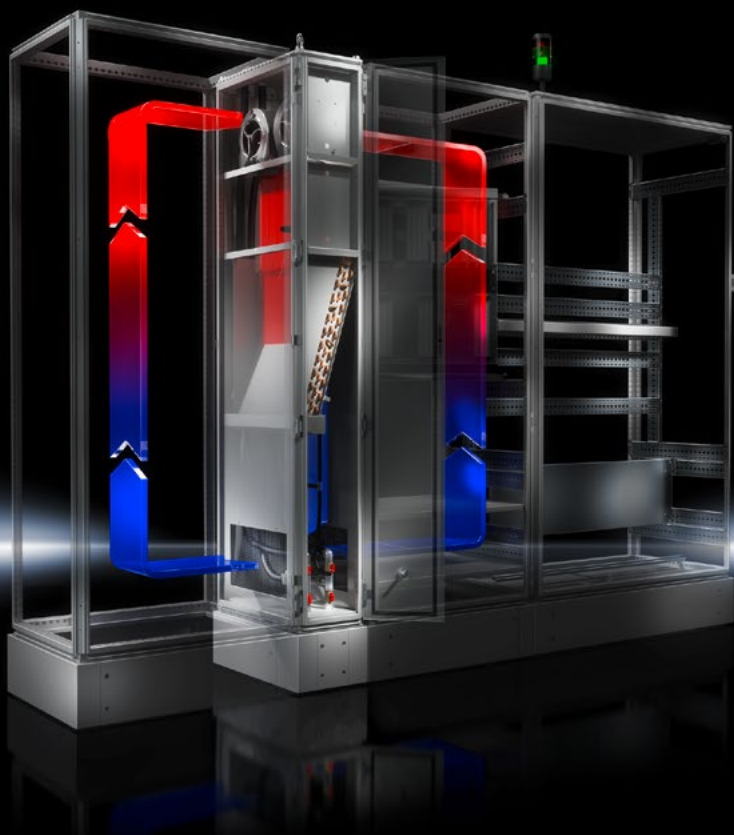
При монтаже обогревателя распределительного шкафа необходимо обратить внимание:

- Монтаж по возможности в нижней части в середине
- Расстояние до панели основания > 100 мм
- Обогреватель размещать под защищаемыми компонентами
- Расстояние до боковых стенок > 50 мм
- Расстояние до термопластичных материалов > 35 мм
- Для точного регулирования температуры при высокой влажности воздуха необходимо использовать гигростат



# Rittal – The System.

Faster – better – everywhere.



ENCLOSURES

POWER DISTRIBUTION

CLIMATE CONTROL

# Активный теплоотвод

Теплоотвод принудительной циркуляцией воздуха ...	32
Теплоотвод фильтрующими вентиляторами .....	33
■ Расчет объемного расхода вентилятора в зависимости от высоты установки .....	35
Теплоотвод воздушно-воздушными теплообменниками .....	37
Теплоотвод термоэлектрическим охлаждением .....	40
Теплоотвод воздушно-водяными теплообменниками .....	42
■ Преимущества водяного охлаждения .....	44
■ Сравнение эффективности: холодильные агрегаты – чиллер с теплообменниками .....	46
Отвод больших тепловых мощностей (мощности > 10 кВт) .....	48
Прямое водяное охлаждение .....	50
Активный контроль микроклимата с холодильными агрегатами .....	53
■ Устройство холодильного агрегата .....	54
■ Зачем нужен электрический испаритель конденсата? .....	59
Общий обзор .....	61
Выбор и расчет решений по контролю микроклимата с помощью ПО Therm .....	62



## ■ Теплоотвод принудительной циркуляцией воздуха $T_i > T_u$

(разность между внутренней и наружной температурами  $> 0$ )

Для того, чтобы улучшить конвекцию (передачу тепла) изнутри наружу через стенки шкафа, используются так называемые циркуляционные вентиляторы. Эти вентиляторы обеспечивают циркуляцию воздуха внутри шкафа и способствуют более равномерному распределению тепла в шкафу и по его стенкам

### Метод:

- Охлаждение принудительной циркуляцией воздуха

### Степень защиты:

- До IP 68

### Макс. мощность охлаждения:

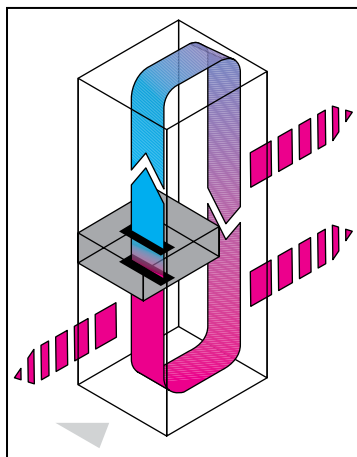
- 350 Вт

### Преимущества:

- Отсутствии скоплений тепла благодаря циркуляции

### Недостатки:

- Ограниченная мощность охлаждения



Объемный расход, который должен развивать такой вентилятор, определяется по следующей формуле:

$$V = \frac{f \cdot \dot{Q}_v}{T_i - T_u}$$

$V$  = требуемый расход

$f$  = постоянная воздуха,  
см. таблицу на странице 35

$\dot{Q}_v$  = тепловыделение  
установленного оборудования

$T_i$  = допустимая температура  
внутри шкафа

$T_u$  = температура всасываемого  
воздуха

Однако такое решение имеет существенные ограничения.

### Указание:

Просьба учитывать способ установки, см. страницу 24/25.

## ■ Теплоотвод фильтрующими вентиляторами

$T_i > T_u$

Как правило, при определении тепловыделения внутри шкафа возникают неточности, хотя сегодня почти все производители электронных и электрических компонентов предоставляют такие данные в документации к своему оборудованию.

В большинстве случаев для поддержания требуемой постоянной температуры внутри шкафа 35°C бывает недостаточно использовать только конвекцию.

**Простейшее решение обеспечивают фильтрующие вентиляторы.**

### Метод:

- Фильтрующие вентиляторы

### Степень защиты:

- До IP 54/IP 55

### Макс. мощность охлаждения:

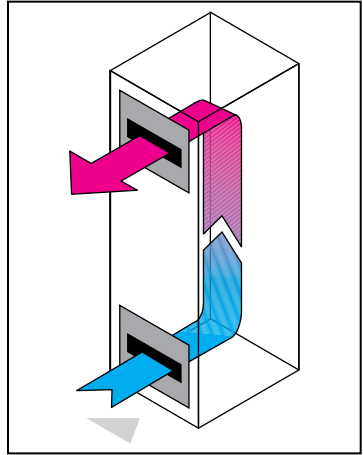
- 2000 Вт

### Преимущества:

- Недорогой и эффективный метод охлаждения

### Недостатки:

- При загрязненном воздухе требуется замена прокладок



Инновационные диагональные вентиляторы по сравнению с традиционными осевыми вентиляторами обеспечивают постоянную мощность и оптимальное распределение воздуха, а небольшая монтажная глубина позволяет экономить пространство в шкафу.



**$T_i > T_u$**

- Вентилятор/выходной фильтр
- Объемный расход 20 – 900 м<sup>3</sup>/ч
- Номинальные напряжения: 230 В, 115 В, 50/60 Гц, 24 В (DC), 48 В (DC)
- Степень защиты IP 54 (опционально IP 56)
- Возможно ЭМС-исполнение

В зависимости от требований, вентиляторы можно установить как на "вдув" воздуха в шкаф, так и на "вытяжку" воздуха из шкафа. По возможности рекомендуется установка "на вдув", во избежание пониженного давления внутри шкафа. При пониженном давлении воздух попадает в шкаф неконтролируемо,

т. е. не только через фильтр, но и через кабельные вводы и другие негерметичные места. Нефильтрованный воздух и пыль могут привести к проблемам.

При установке "на вдув" воздух подается в шкаф целенаправленно, неконтролируемое попадание исключено.

**Применение диагональных фильтрующих вентиляторов**

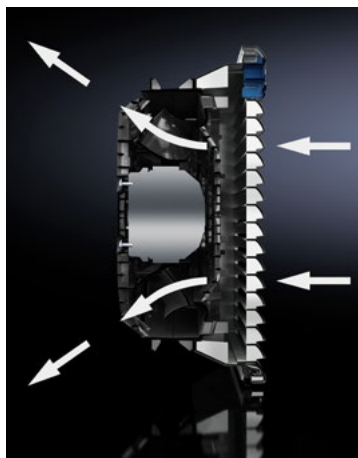
- Диапазон мощности: 20 – 900 м<sup>3</sup>/ч
- Рабочее напряжение: 230 В, 115 В, 400 В, 3~, 50/60 Гц, 24 В (DC)

**1-е преимущество:**

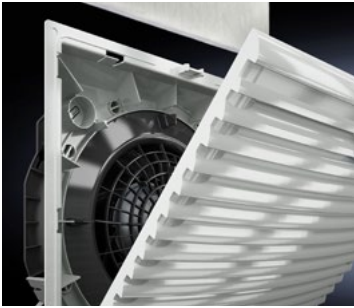
Стабильность давления, постоянная мощность воздушного потока при загрязненной прокладке

**2-е преимущество:**

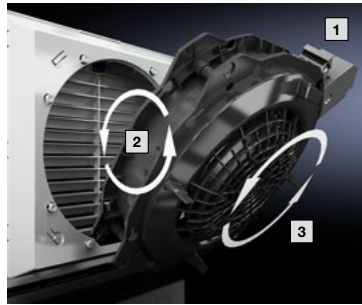
Равномерное распределение воздуха в шкафу благодаря вдуванию в разные стороны по диагонали



Направление потока по диагонали = равномерное распределение температуры



Надежная система монтажа на шкаф



- 1 Пружинная клемма для подключения питания без инструментов
- 2 Байonetное крепление для смены направления потока воздуха без инструментов
- 3 Байonetное крепление для смены местоположения подключения питания (4 x 90°)

## Расчет объемного расхода вентилятора в зависимости от высоты установки

Необходимая мощность вентилятора определяется по тепловыделению  $\dot{Q}_v$  и разности внутренней и наружной температур ( $T_i - T_u$ ).

$$V = \frac{f \cdot \dot{Q}_v}{T_i - T_u}$$

Коэффициент  $f = c_p \cdot \rho$  (произведение удельной теплоемкости и плотности воздуха на уровне моря)

Высота (м)	$c_p$ (кДж/кг · К)	кг/м <sup>3</sup>	$f$ (м <sup>3</sup> /к)/Втч
0	0,9480	1,225	3,1
500	0,9348	1,167	3,3
1000	0,9250	1,112	3,5
1500	0,8954	1,058	3,8
2000	0,8728	1,006	4,1
2500	0,8551	0,9568	4,4
3000	0,8302	0,9091	4,8
3500	0,8065	0,8633	5,2

Удельная теплоемкость и плотность зависят от множества факторов, например, температуры, влажности и давления воздуха. Среднее значение меняется в зависимости от высоты над уровнем моря.

Из таблицы выше можно определить средние значения при различной высоте:

С помощью диаграммы для выбора можно быстро и просто определить необходимую мощность фильтрующего вентилятора по тепловыделению  $\dot{Q}_v$  и разности температур  $(T_i - T_u)$ .

**Пример:**

Тепловыделение  $\dot{Q}_v = 600$  Ватт

Разность температур:

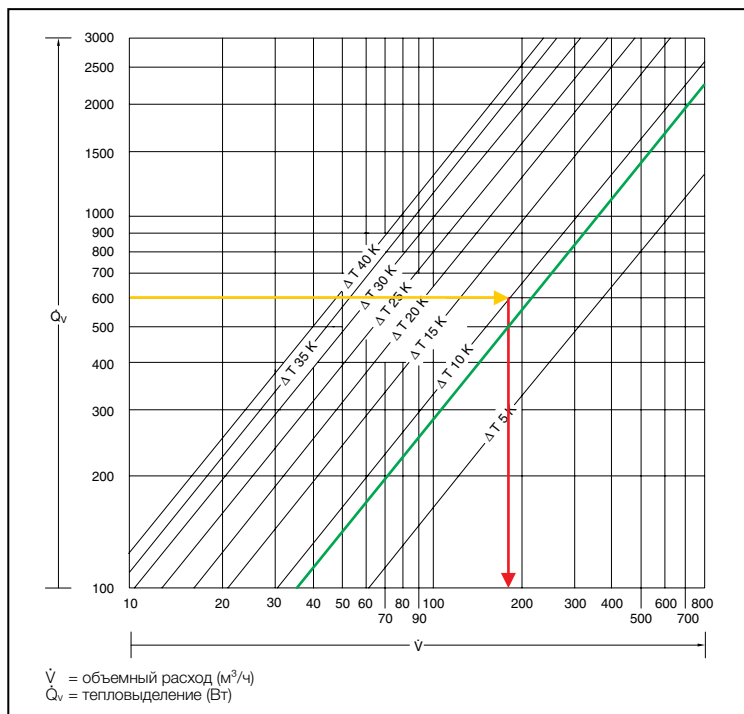
$$T_i - T_u = 35 - 25 = 10\text{K}$$

Результат:

Необходимый объемный расход по диаграмме ок. **180 м³/ч.**

Рекомендуется выбрать вентилятор с мощностью на 20 % выше, чем определилось в расчете, т. е. в нашем примере ок. 220 м³/ч. Таким образом, учитывается загрязнение фильтрующей прокладки окружающим воздухом.

**Диаграмма для выбора**



## ■ Теплоотвод воздушно-воздушными теплообменниками $T_i > T_u$

Если шкаф должен иметь степень защиты не ниже IP 54 и имеется положительная разность температур окружающего воздуха и воздуха внутри шкафа ( $T_i > T_u$ ), можно использовать воздушно-воздушные теплообменники. Чем больше разность между внутренней и наружной температурами, тем большую мощность тепловыделения можно отвести из шкафа наружу.

### Метод:

- Воздушно-воздушные теплообменники

### Степень защиты:

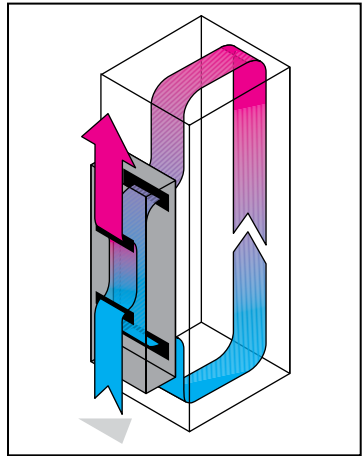
- До IP 54
- **Макс. мощность охлаждения:**
- 1000 Вт

### Преимущества:

- Практически не требует обслуживания по сравнению с фильтрующими вентиляторами

### Недостатки:

- КПД меньше, чем у фильтрующих вентиляторов

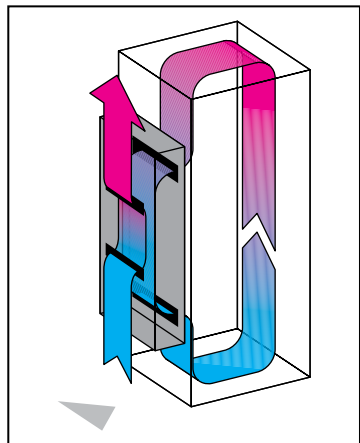


Принцип действия прост, но эффективен. Теплый внутренний воздух шкафа всасывается в верхней части вентилятором и продувается через теплообменник со скрещивающимися потоками воздуха. Более холодный окружающий воздух также всасывается вентилятором и также продувается через теплообменник, без смешения двух потоков воздуха.

Поток более холодного окружающего воздуха охлаждает теплообменник и отводит тепло от теплообменника в окружающую среду. Внутренний воздух шкафа охлаждается теплообменником и направляется в нижнюю часть шкафа.

## Воздухо-воздушные теплообменники

### Функциональные свойства

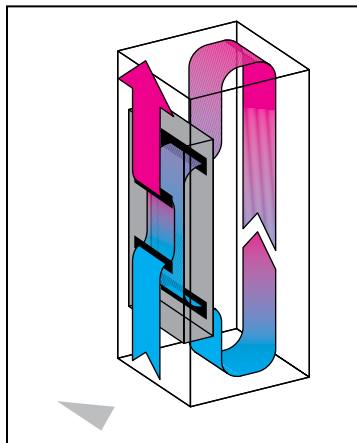


Наружная установка

Важно: чем больше разность температуры наружного воздуха (напр.  $+22^{\circ}\text{C}$ ) и желаемой внутренней температуры (напр.  $+35^{\circ}\text{C}$ ), тем большую тепловую мощность может отвести воздухо-воздушный теплообменник.

### Свойства продукта

- Разделенный внутренний и внешний контура
- Мощность от 17,5 до ок. 100 Вт/К
- Обеспечивается высокая степень защиты (от пыли, масла и влаги)
- Внутренний контур с IP 54
- Внешний контур с IP 34
- Удобное обслуживание благодаря разделённому управлению внешним и внутренним вентилятором
- Простая чистка съёмной кассеты
- Регулировка с цифровой индикацией температуры
- Сигнал на реле при превышении установленной температуры



Утопленный монтаж

В зависимости от требований к пространству воздухо-воздушный теплообменник может монтироваться изнутри и снаружи шкафа.



**Пример:**

- Свободно стоящий шкаф  
ширина = 600 мм, высота 2000 мм, глубина = 500 мм
- Тепловыделение  $\dot{Q}_v = 900$  Вт
- Температура окружающей среды  $T_u = 25^\circ\text{C}$
- Температура внутри шкафа  $T_i = 35^\circ\text{C}$

**Шаг 1**

Расчет отводимой тепловой мощности через поверхность шкафа.

$$\dot{Q}_s = k \cdot A \cdot (T_i - T_u)$$

**Шаг 2**

Расчет поверхности шкафа  $A$  ( $\text{m}^2$ ) согласно VDE 0660 часть 500 по формуле

$$A = 1,8 \cdot B \cdot (\text{Ш} + \Gamma) + 1,4 \cdot \text{Ш} \cdot \Gamma$$

$$A = 1,8 \cdot 2,0 \cdot (0,6 + 0,5) + 1,4 \cdot 0,6 \cdot 0,5$$

$$A = 4,38 \text{ м}^2$$

$$\dot{Q}_s = 5,5 \cdot 4,38 \cdot 10 = 242 \text{ Ватт}$$

= мощность излучения

$$\dot{Q}_e = \dot{Q}_v - \dot{Q}_s = 900 \text{ Вт} - 242 \text{ Вт} = 658 \text{ Ватт}$$

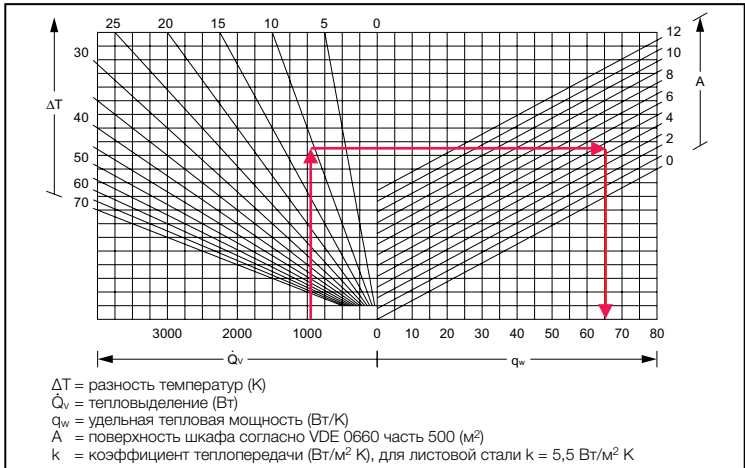
= тепловыделение, которое необходимо отвести теплообменником

**Примечание:**

При использовании диаграммы выбора теплообмен через стенки не учитывается, для того, чтобы обеспечить резерв мощности теплообменника

Таким образом, необходим теплообменник с удельной тепловой мощностью **65,8 Вт/К**.

Гораздо проще подобрать возду-воздушный теплообменник можно с помощью диаграммы выбора.

**Диаграмма выбора возду-воздушного теплообменника**



## ■ Теплоотвод термоэлектрическим охлаждением при $T_i < T_u$

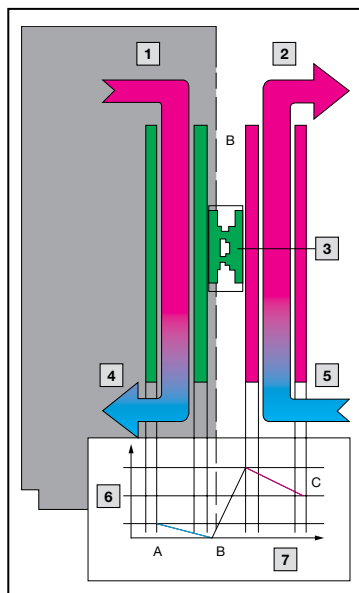
Термоэлектрический охладитель также называют охладителем Пельтье. Данный "термический эффект" французский физик Жан Шарль Пельтье открыл еще в 1834 году.

### Термоэлектрическое охлаждение Пельтье-холодильными агрегатами

#### Принцип

Если через цепь из двух разных полупроводников протекает постоянный электрический ток, то одна сторона цепи будет охлаждаться, а другая – нагреваться.

Пельтье-охлаждение в последние годы приобрело известность во многом благодаря инновационной разработке компании Rittal.



При применении в компактных корпусах и командных панелях, а также требованиях IP 54 во внутреннем контуре, Пельтье-охлаждение часто является правильным и оптимальным решением.

При небольшом весе ок. 3,0 кг и размерах Ш x В x Г 125 x 155 x 400 мм отводится тепловая мощность до 100 Вт, с минимальными вибрацией и шумом (компрессора нет).

#### Конструкция элемента Пельтье

- Два различных полупроводника последовательно соединяются между собой.
- Подведенный постоянный ток протекает через пары полупроводников.
- В зависимости от силы и направления тока охлаждаются верхние участки соединения, в то время как нижние участки нагреваются.

#### Принцип действия термоэлектрического охладителя

- 1 Воздух, теплый, внутренний
- 2 Воздух, теплый, наружный
- 3 Элемент Пельтье
- 4 Воздух, холодный, внутренний
- 5 Воздух, холодный, наружный
- 6 Температура T
- 7 График температуры компонентов

**Метод:**

- Термоэлектрическое охлаждение

**Степень защиты:**

- До IP 54

**Макс. мощность охлаждения:**

- 1000 Вт

**Преимущества:**

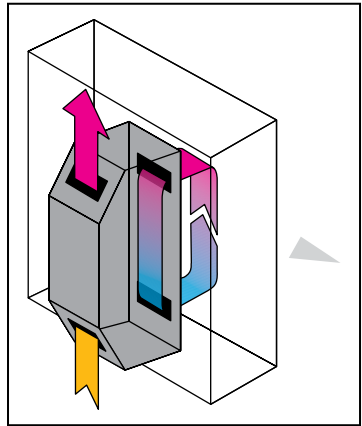
- Малые монтажные размеры
- Работа на постоянном токе
- Возможна функция обогрева

**Недостатки:**

- Малый КПД
- Высокое энергопотребление

Техническое преимущество термоэлектрического охладителя Rittal заключается также в том, что благодаря модульной конструкции и малому весу возможно параллельное подключение до пяти агрегатов. Удобная технология подключения дает возможность работы не только на охлаждение, но и на обогрев.

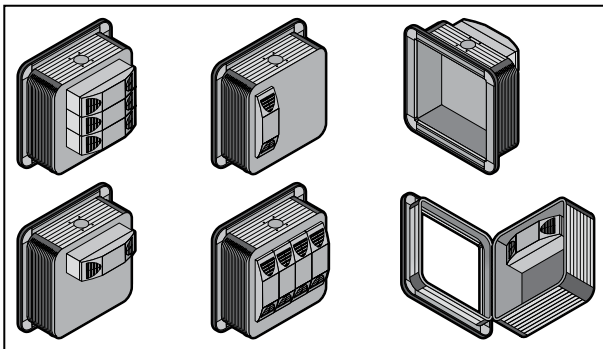
Инновационная конструкция воздухопроводов гарантирует оптимальное обтекание элементов Пельтье, при этом достигается КПД, равный 1,0 (COP, напр. из 100 Вт электроэнергии производится 100 Вт мощности



охлаждения). Агрегаты доступны в вариантах питания 24 В DC и 94 – 264 В AC.

**Свойства продукта**

- Модульность, расширяемость
- Простая масштабируемость
- Возможности монтажа:
  - горизонтально
  - вертикально
  - утепленный монтаж
  - наружный монтаж
- Устройство полностью готово к подключению



## ■ Теплоотвод воздушно-водяными теплообменниками $T_i < T_u$

Помимо холодильных агрегатов, накоплен большой опыт по охлаждению распределительных шкафов и корпусов с электроникой с помощью воздушно-водяных теплообменников. Все это привело к тому, что с помощью воздушно-водяных теплообменников можно достичь высочайших мощностей охлаждения на минимальном пространстве.

### Метод:

- Воздушно-водяные теплообменники

### Степень защиты:

- До IP 55

### Макс. мощность охлаждения:

- 10 000 Вт

### Преимущества:

- Высокая степень защиты
- Небольшие затраты на обслуживание

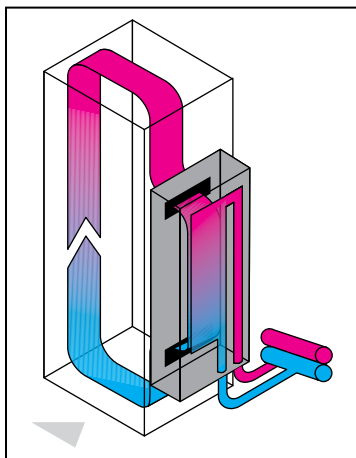
### Недостатки:

- Высокие требования к инфраструктуре

Полезная мощность охлаждения ( $Q$ ) воздушно-водяного теплообменника зависит от температуры внутри шкафа, температуры воды на входе в теплообменник и расхода воды (л/ч) через теплообменник.

При таком решении достигается степень защиты IP 55, так как шкаф остается полностью закрытым. С помощью таких теплообменников также возможно охлаждение внутреннего пространства шкафа до температур ниже, чем в окружающей среде.

Охлаждение внутреннего воздуха шкафа производится его циркуляцией через теплообменник, при этом тепловая мощность от шкафа передается через теплообменник воде и выводится наружу.



Для теплообменника необходимы подключения воды (подача и отвод) и централизованная или децентрализованная система обратного охлаждения (чиллер). В зависимости от случая применения, теплообменники могут монтироваться на стену (внутри и снаружи) и крышу шкафа.

**Свойства продукта**

- Большой спектр мощности от 500 до 10 000 Вт
- Напряжение:
  - 230 В
  - 115 В
  - 400 В
- Встроенное управление (базовый или комфортный контроллер)
- Плоская конструкция
- Исполнение гидравлических деталей из CuAl или V4A (1.4571)

При расчете воздухо-водяного теплообменника необходимо учесть, что в зависимости от температуры окружающей среды, помимо тепловыделения оборудования ( $\dot{Q}_v$ ) следует учитывать мощность, поглощаемую из окружающей среды через поверхность шкафа ( $\dot{Q}_s$ ) за счет разности температур ( $T_u$ ) и ( $T_i$ ).

$$\dot{Q}_e = \dot{Q}_v + \dot{Q}_s$$

$\dot{Q}_e$  = необходимая мощность охлаждения

**Пример:**

- Тепловыделение оборудования в шкафу  $\dot{Q}_v = 1500$  Вт
- Рассчитанная поверхность шкафа  $A = 4,38$  м<sup>2</sup>
- Желаемая температура внутри шкафа  $T_i = 35^\circ\text{C}$
- Температура окружающей среды  $T_u = 45^\circ\text{C}$

$$\dot{Q}_s = k \cdot A \cdot (T_u - T_i)$$

$$= 5,5 \cdot 4,38 \cdot (45 - 35) = \mathbf{241 \text{ Ватт}}$$

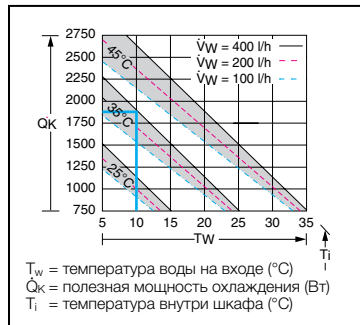
**Результат:**

Необходимая мощность охлаждения  $\dot{Q}_e = 1500 + 241 = \mathbf{1741 \text{ Ватт}}$

С помощью диаграммы характеристик можно по температуре подаваемой воды, расходу воды, температуре внутри шкафа и необходимой мощности охлаждения подобрать подходящий воздухо-водяной теплообменник.

**Свойства продукта**

- Высокая степень защиты (напр. от пыли), IP 55 (возможно IP 65)
- Максимальная температура окружающей среды ( $T_u$ )  $+70^\circ\text{C}$
- Охлаждающая жидкость: вода

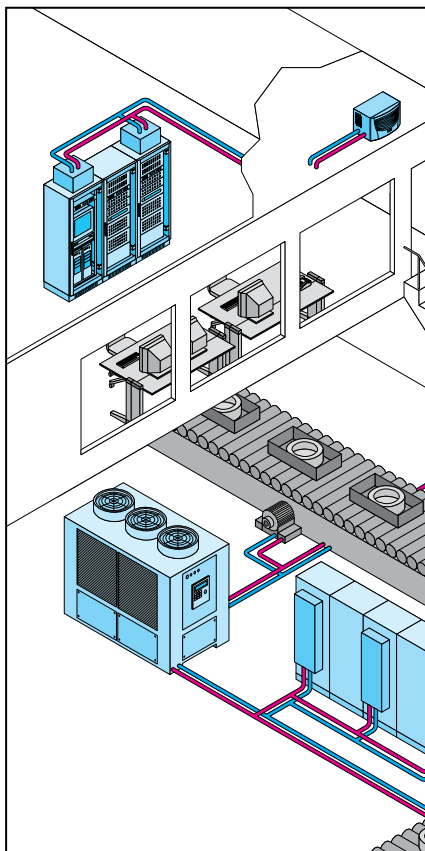


## Преимущества водяного охлаждения

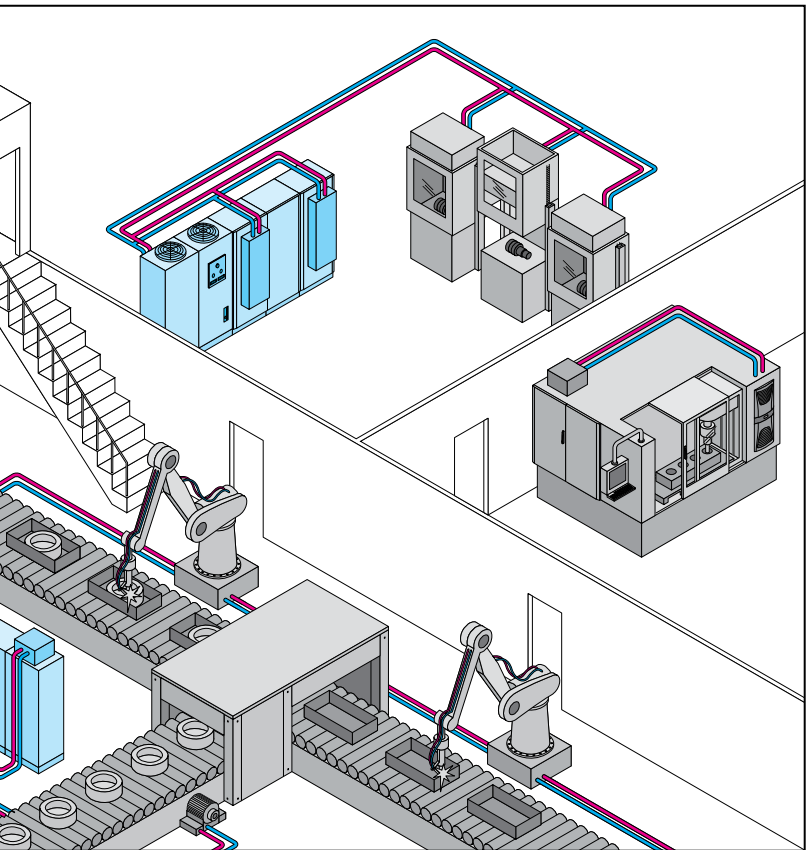
### Назначение: охлаждение распределительных шкафов

На многих крупных предприятиях, например, в автомобильной промышленности, доступно централизованное снабжение охлаждающей водой. Так как эта вода пущена по централизованному замкнутому контуру, ею могут быть обеспечены и воздушно-водяные теплообменники.

При децентрализованном решении используется источник холодной воды (чиллер), причем из соображений экономичности к одному источнику холодной воды часто подключают несколько воздушно-водяных теплообменников.



- Более высокая энергоемкость по сравнению с воздухом, что обеспечивает более высокую мощность при тех же размерах
- Простой отвод тепла от корпуса



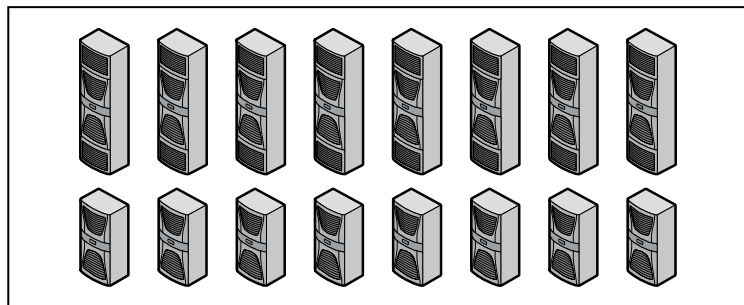
- Компактная конструкция, отвод больших объемов тепла.
- Хороший аккумулятор энергии, например, накопитель для пиковых нагрузок
- Масштабируемость мощности: модульность, открытость, возможность многокомпонентных систем

Сравнительный расчет (следующая страница) показывает, что применение нескольких воздушно-водяных теплообменников по сравнению с холодильными агрегатами является экономичной и энергоэффективной альтернативой.

## Сравнение эффективности: холодильные агрегаты – чиллер с теплообменниками

### Сравнительный расчет

пример ряда шкафов с тепловыделением **25 кВт**



### Необходимая электроэнергия

#### Холодильные агрегаты TopTherm

	Кол-во	Потр. мощность		Тепловыделение
		на агрегат	всего	
Настенный агрегат	8	1,02 кВт	8,16 кВт	
Настенный агрегат	8	0,58 кВт	4,64 кВт	
Сумма			12,74 кВт	<b>25 кВт</b>

#### Затраты

	Инвестиционные	Электроэнергия	Всего
16 контуров, 16 компрессоров	~18 000 €	~4 500 € <sup>1)</sup>	~22 500 €

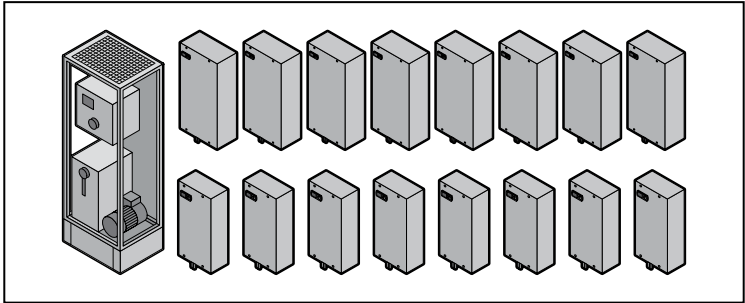
<sup>1)</sup> Пример расчета при цене 0,12 €/кВт

#### Результат 1:

При применении чиллера и 16 воздухо-водяных теплообменников расходуется на 40 % меньше электроэнергии

Этот пример показывает, что решение с воздушно-водяными теплообменниками и централизованным чиллером приводит к снижению лишь энергозатрат примерно на 40 %.

При проектировании рекомендуется детально проанализировать обе альтернативы в плане экономичности и энергоэффективности и при необходимости обратиться за консультацией



### Необходимая электроэнергия

#### Чиллер TopTherm с теплообменниками

	Кол-во	Потр. мощность		Тепловыделение
		на агрегат	всего	
Возд.-вод. теплообменник	8	0,06 кВт	0,48 кВт	
Возд.-вод. теплообменник	8	0,16 кВт	1,28 кВт	
Чиллер	1	5,91 кВт	5,91 кВт	
Сумма			7,68 кВт	<b>25 кВт</b>

#### Затраты

	Инвестиционные	Электроэнергия	Всего
1 чиллер, 16 теплообменников, все трубопроводы	~19 000 €	~2 800 € <sup>1)</sup>	~21 600 €



#### Результат 2:

Несмотря на то, что инвестиционные затраты на чиллер и воздушно-водяные теплообменники выше, благодаря экономии электроэнер-

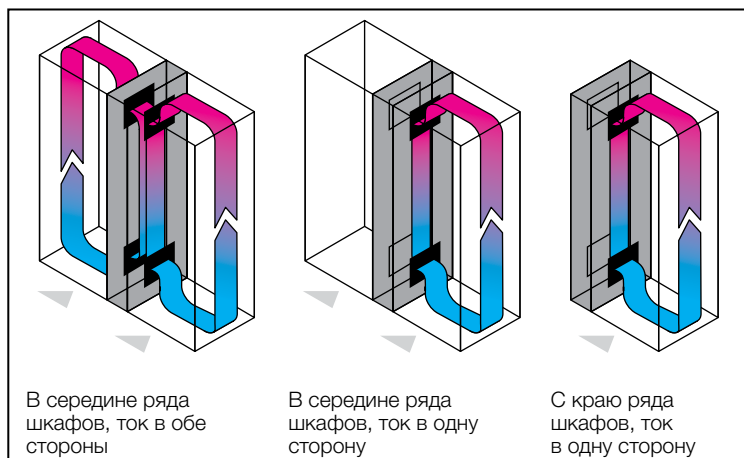
гии амортизация стоимости достигается менее, чем за год



## Отвод больших тепловых мощностей (мощности > 10 кВт)

В промышленном производстве все чаще требуются воздухо-водяные теплообменники, которые могут развивать мощность охлаждения более 10 кВт. На основании успешного опыта в области IT-охлаждения компания Rittal специально разработала мощный промышленный LCP (Liquid Cooling Package).

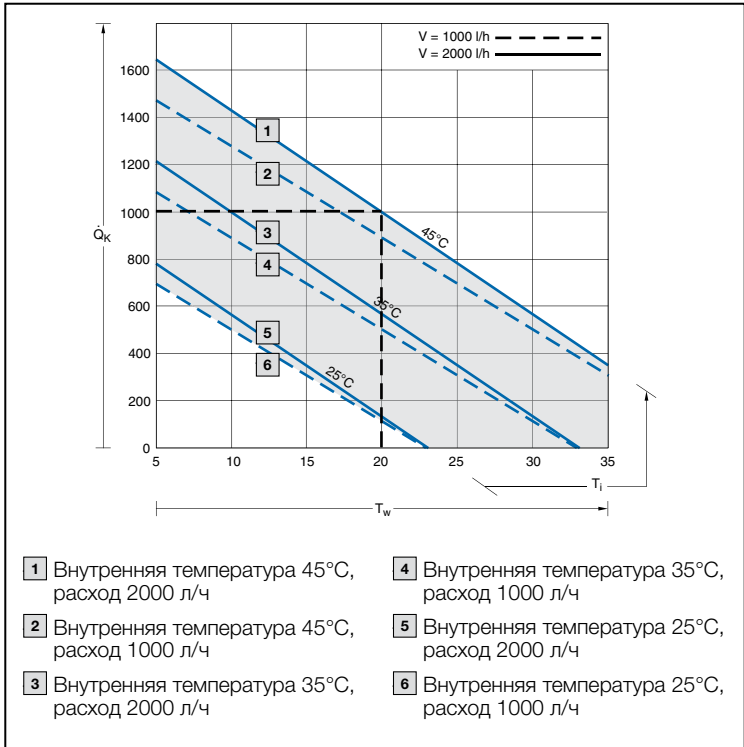
### Ток воздуха



Преимущество этого теплообменника заключается прежде всего в том, что он может не только развивать высокую мощность, но и легко интегрируется в систему шкафов Rittal TS 8.

Теплообменник может быть легко встроен в линейку шкафов. Ток воздуха в зависимости от потребностей в охлаждении может быть направлен вправо или влево, а при расположении между шкафами в обе стороны.

## Характеристика



Здесь также имеется условие наличия подвода охлаждающей воды с расходом ок. 2000 л/ч. Особенно важна высокая энергоэффективность такого централизованного решения при охлаждении целых линеек шкафов.

**Преимущество:**

- Один централизованный воздухо-водяной теплообменник, один вентилятор, один блок управление и сервис всего одного агрегата

**Недостаток:**

- Отказ теплообменника приводит к простоя всей установки

## ■ Прямое водяное охлаждение

Еще одну возможность жидкостного охлаждения на малом пространстве обеспечивает прямое охлаждение монтажной панели водой. Условием использования водоохлаждаемой монтажной панели, помимо климатических и механических параметров, является наличие охлаждающей воды.

### Метод:

- Монтажная панель с водяным охлаждением

### Степень защиты:

- До IP 68

### Макс. мощность охлаждения:

- 3000 Вт

### Преимущества:

- Высокая степень защиты
- Не требуется обслуживание

### Недостатки:

- Отводится лишь 70 % тепловыделения, остальное другими способами
- Высокие требования к инфраструктуре



Применение водоохлаждаемых монтажных панелей возможно в любых областях, от машиностроения до медицинской техники.

Водоохлаждаемые монтажные панели применяются там, где тепловыделение от преобразователей частоты, регуляторов, дросселей и систем защиты можно отвести напрямую водой. При этом также выполняются требования по высокой степени защиты (IP 68) или по размещению во взрывоопасных зонах.

Водоохлаждаемая монтажная панель способствует увеличению срока службы компонентов ввиду поддержания постоянной температуры, а также равномерному отводу тепла непосредственно из места его возникновения, что снижает энергозатраты.

## Удобство использования водоохлаждаемой монтажной панели благодаря T-образному пазу



Монтаж компонентов происходит непосредственно на водоохлаждаемую монтажную панель. Расположение трубопровода графически

показано на монтажной панели, что упрощает расположение электрических компонентов.



### Удобство при использовании в шкафу

- Монтаж аналогично секционным монтажным панелям
- Возможен монтаж на заднюю или боковую стенку
- Монтаж с переменной глубиной установки с помощью системных шасси
- Стандартизированные размеры панелей

Мощность водоохлаждаемой монтажной панели определяется термосопротивлением  $R_{th}$ . Термосопротивление рассчитывается как разность температуры поверхности водоохлаждаемой монтажной панели и температуры жидкости на входе, разделенная на максимальное тепловыделение компонентов, которые установлены на монтажной панели.

### Формула расчета водоохлаждаемой монтажной панели

$$R_{th} = \frac{T_p - T_m}{P_v}$$

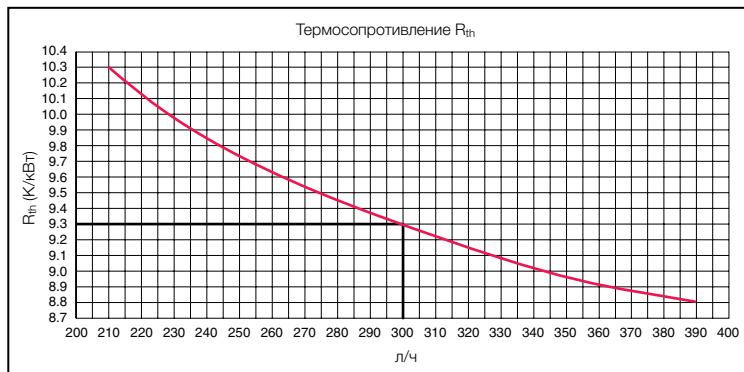
$R_{th}$  = термосопротивление (К/кВт)

$T_p$  = температура поверхности монтажной панели (°C)

$T_m$  = температура жидкости (°C)

$P_v$  = тепловыделение (кВт)

### Термосопротивление водоохлаждаемой монтажной панели



Характеристика водоохлаждаемой монтажной панели (499 x 399 мм) с медным трубопроводом

### Результат:

$$T_p = 25^{\circ}\text{C} + 1,5 \text{ кВт} \cdot 9,3 \text{ К/кВт} = 38,95^{\circ}\text{C}$$

Таким образом, примерная температура поверхности монтажной панели составит ок. 39°C.

При этом используемый материал и его теплопроводность, а также толщина материала также влияют на термосопротивление.

### Пример:

- Тепловыделение  $\dot{Q}_v = 1500$  Вт
- Температура жидкости  $T_w = 25^{\circ}\text{C}$
- Расход  $m = 300$  л/ч

$$R_{th} = \frac{T_p - T_w}{\dot{Q}_v} > T_p = T_w + \dot{Q}_v \cdot R_{th}$$

По диаграмме мощности сначала рассчитывается термосопротивление, при 300 л/ч оно составляет

$$R_{th} = 9,3 \text{ К/кВт}$$

Однако наряду с высокой эффективностью, водоохлаждаемая монтажная панель требует технической сложную инфраструктуру (чиллер). Поэтому ее применение ограничено особыми проектами.

## ■ Активный контроль микроклимата с холодильными агрегатами $T_i > T_u$

Наиболее распространенное и удобное решение по отводу тепла из распределительных шкафов и корпусов с электроникой обеспечивают холодильные агрегаты. Температура внутри шкафа может при этом быть значительно ниже, чем в окружающей среде, например,  $T_u = +45^{\circ}\text{C}$ ,  $T_i = +35^{\circ}\text{C}$ .

### Холодильные агрегаты TopTherm



Настенные агрегаты



Потолочные агрегаты



Климатические шкафы (двери)

Они работают по тому же самому физическому принципу, что и бытовой холодильник. По аналогии с холодильником в качестве теплоносителя используется хладагент (у шкафных агрегатов тип R134a). Газообразный хладагент сжимается компрессором, что приводит к нагреву хладагента. По системе трубопроводов хладагент попадает в охлаждаемый наружным воздухом теплообменник (конденсатор). Тепло от хладагента передается окружающей среде (охлаждение).

При таком охлаждении хладагент конденсируется и проходит через фильтр-осушитель и расширительный клапан. Здесь происходит снижение давления. Хладагент под сниженным давлением идет через расположенный во внутреннем контуре теплообменник. Выделяемое внутри шкафа тепло поглощается этим теплообменником. При нагреве хладагент снова становится газообразным и попадает в компрессор. Затем цикл повторяется снова.

## Устройство холодильного агрегата

### Контур охлаждения

Все холодильные агрегаты имеют два полностью разделенных воздушных контура и обеспечивают степень защиты IP 54 во внутреннем контуре.

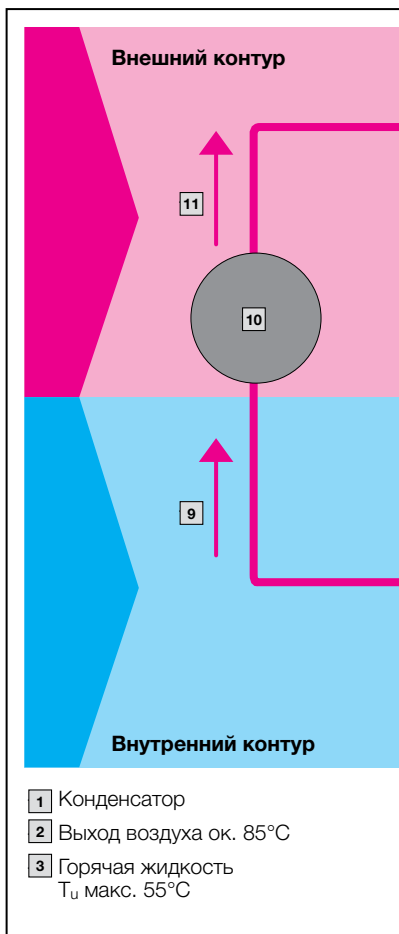
Для применения в промышленности ко всем агрегатам предъявляются высокие технические требования.

Условия применения холодильных агрегатов распределительных шкафов определены в DIN EN 14 511. Как правило, максимальная температура окружающей среды не должна быть выше +55°C.

Устройство холодильного агрегата и необходимые компоненты наглядно показаны в схеме рядом.

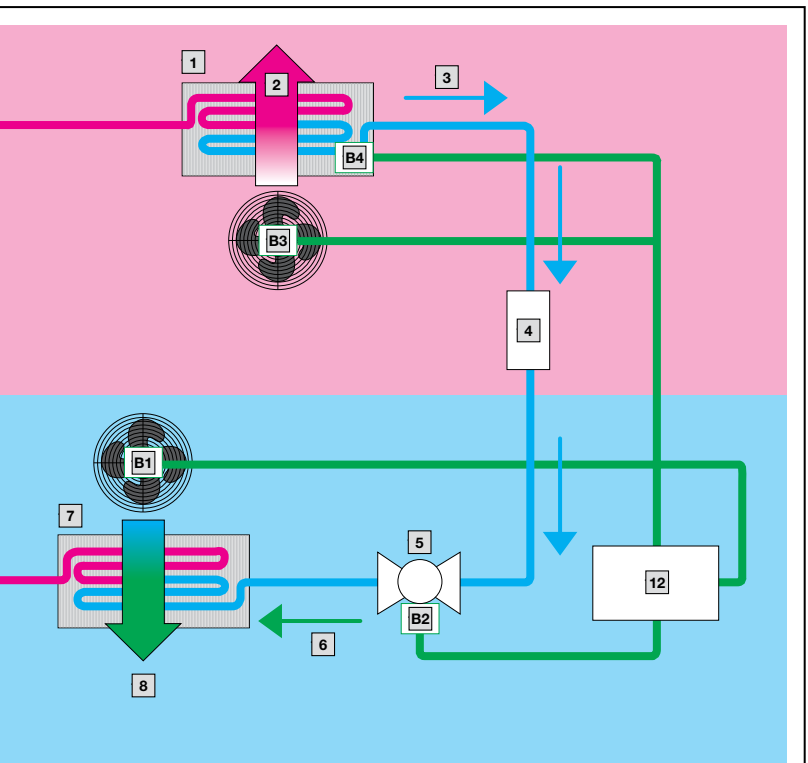
Применение холодильных агрегатов всегда требует тесной интеграции и адаптации к местным особенностям. Машины и установки сегодня используются по всему миру, поэтому требования по универсальности систем охлаждения в последнее время значительно выросли.

- B1** Датчик внутренней температуры
- B2** Датчик обледенения
- B3** Датчик наружной температуры
- B4** Датчик температуры конденсатора



При проектировании следует учесть и ответить на следующие вопросы:

- Какова температура окружающей среды T<sub>u</sub> и влажность в месте установки?



- |   |                              |    |                           |    |              |         |                          |
|---|------------------------------|----|---------------------------|----|--------------|---------|--------------------------|
| 4 | Фильтр-осушитель             | 6  | Холодная жидкость (4 бар) | 9  | Холодный газ | 12      | Блок микроконтроллера    |
| 5 | Расширительный клапан        | 7  | Испаритель                | 10 | Компрессор   | B1 – B4 | Датчики микроконтроллера |
| 8 | Вход воздуха в шкаф ок. 15°C | 11 | Горячий газ (23 бар)      |    |              |         |                          |

- Какой способ установки согласно МЭК 890 используется?
- Какова максимально допустимая температура  $T_i$  внутри шкафа?
- Каково тепловыделение внутри шкафа?
- Каким национальным и международным стандартам (DIN, UL, CSA и др.) должны соответствовать агрегаты?
- Какая степень защиты необходима?



### Выбор холодильного агрегата показан на следующем примере.

Тепловыделение в шкафу  
 $\dot{Q}_v = 2000$  Ватт

Размеры шкафа  
 (Ш x В x Г) = 600 x 2000 x 500 мм,  
 свободно стоящий

Температура окружающей среды  
 $T_u = 45^\circ\text{C}$

Желаемая температура внутри шкафа  
 $T_i = 35^\circ\text{C}$

#### Шаг 1

Расчет поверхности шкафа согласно VDE 0660 часть 500:

$$A = 1,8 \cdot B \cdot (\text{Ш} + \text{Г}) + 1,4 \cdot \text{Ш} \cdot \text{Г}$$

$$A =$$

$$1,8 \cdot 2,0 \cdot (0,6 + 0,5) + 1,4 \cdot 0,6 \cdot 0,5$$

$$A = 4,38 \text{ м}^2$$

#### Шаг 2

Расчет поглощаемой вовнутрь (+35°C) мощности из окружающей среды (+45°C,  $T_i < T_u$ )

$$\dot{Q}_s = k \cdot A \cdot (T_i - T_u)$$

$$\dot{Q}_s = 5,5 \cdot 4,38 \cdot (45 - 35)$$

$$\dot{Q}_s = 242 \text{ Ватт}$$

$$\dot{Q}_e = \dot{Q}_v + \dot{Q}_s = 2000 + 242$$

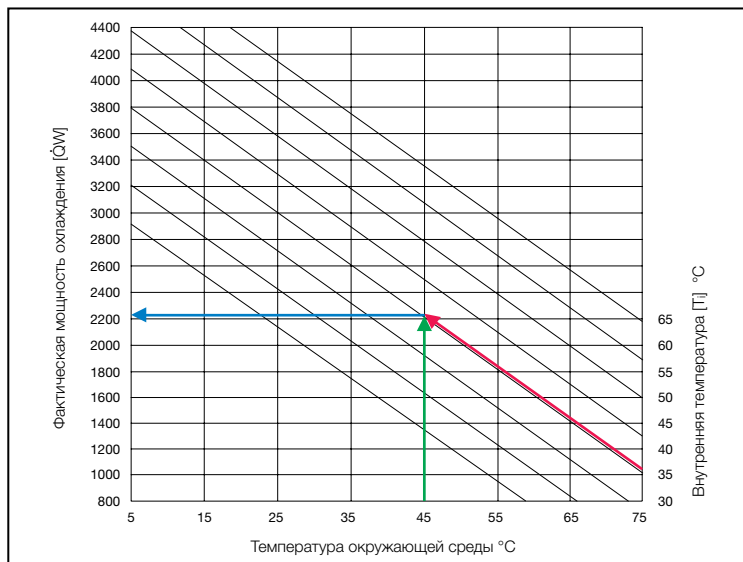
$$\dot{Q}_e = 2242 \text{ Ватт}$$

Данная тепловая мощность должна отводиться наружу холодильным агрегатом

#### Шаг 3, результат

Необходимо использовать холодильный агрегат с мощностью охлаждения 2242 Ватт при температуре окружающей среды +45°C и температуре внутри шкафа +35°C.

### Диаграмма для выбора



По значениям температуры окружающей среды +45°C и температуре внутри шкафа +35°C по диаграмме мощности определяется подходящий агрегат (настенный или потолочный). Значительно упростить расчет и подбор холодильных агрегатов и других компонентов контроля микроклимата позволяет разработанное Rittal расчетное программное обеспечение "Therm".

### Высушивание воздуха в шкафу

Ожидаемым побочным эффектом при применении холодильных агрегатов является высушивание воздуха внутри шкафа. При охлаждении воздуха внутри шкафа, часть содержащейся в воздухе влаги конденсируется на внутреннем теплообменнике (испарителе). Полученная вода (конденсат) отводится с помощью трубки за пределы шкафа.

Сколько фактически выпадет конденсата, зависит от относительной влажности воздуха, температуры воздуха и объема шкафа или корпуса. Количество конденсата всегда сильно зависит от объема шкафа и может быть рассчитано с использованием h-x-диаграммы Молье.

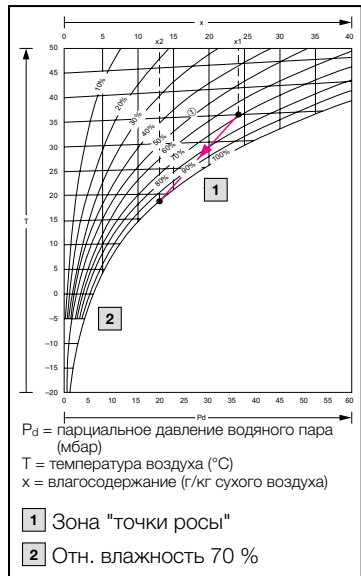
### Пример:

Температура окружающей среды/  
влажность  
35°C/70 %

Температура на испарителе  
 $T_v = +18^\circ\text{C}$

Объем шкафа  
 $> V = \text{Ш} \times \text{В} \times \text{Г}$   
 $= 2 \cdot 0,6 \cdot 0,6 = 0,72 \text{ м}^3$

### h-x-диаграмма Молье



### Расчет количества конденсата:

$$W = V \cdot \rho \cdot (X1 - X2) = 0,72 \text{ м}^3 \cdot 1,2 \text{ кг/м}^3 \cdot (24 - 13 \text{ г/кг})$$

В данном примере количество выпадающего конденсата будет  
 $W = 9,5 \text{ г} \sim 9,5 \text{ мл}$ .

Данный пример показывает, что в зависимости от объема шкафа могут возникать лишь небольшие количества конденсата. На практике из-за негерметичности шкафа (кабельные вводы, проемы в панели основания или работа холодильного агрегата при открытой двери шкафа) выпадает гораздо большее количество конденсата.

### Справедливы требования:

- Работа холодильного агрегата только при закрытой двери шкафа
- При применении холодильных агрегатов следует использовать концевой выключатель двери
- Шкаф должен иметь степень защиты не ниже IP 54
- По возможности не устанавливать температуру внутри шкафа ниже +35°C, во избежание чрезмерного переохлаждения шкафа
- Конденсат нужно надежно отводить наружу в соответствии с указаниями по монтажу
- Холодильные агрегаты Rittal "Blue e" имеют активный электрический испаритель конденсата

### Энергоэффективность холодильных агрегатов

Современные холодильные агрегаты обеспечивают пользователю максимальное удобство при применении по всему миру и интеграцию в конструкцию машин вне зависимости от места установки.

### Холодильные агрегаты Rittal "Blue e"

В зависимости от конкретного типа агрегата, были предприняты следующие меры по повышению эффективности агрегатов "Blue e".

- Увеличение поверхности теплообменника
- Применение вентиляторов ЕС
- Применение энергоэффективных компрессоров
- Оптимизированный по мощности испаритель конденсата
- Управление в ECO-режиме

Повышающиеся требования к энергоэффективности удалось удовлетворить благодаря разработкам агрегатов поколения "Blue e".

### Инновационные холодильные агрегаты "Blue e" потребляют до 70 % меньше электроэнергии, чем агрегаты пятилетней давности.

Это реализовано благодаря новейшей технологии компрессоров и вентиляторов (ЕС-двигатели). Кроме того, значительно сокращены рабочие циклы. Применение нанотехнологий в теплообменнике внешнего контура, а также оптимального режима работы, не только экономит энергию, но и значительно увеличивает срок службы.

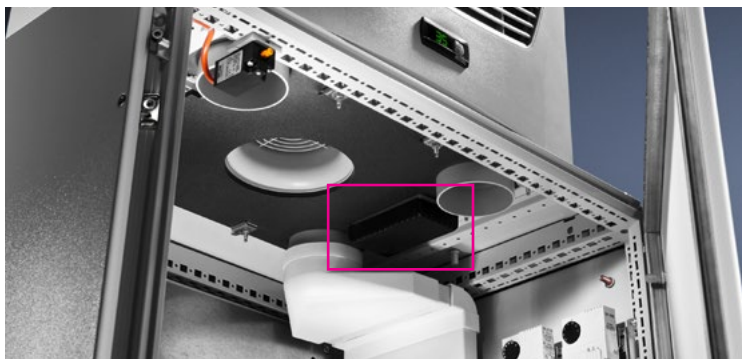
### Указание:

На практике часто возникают вопросы по поводу оценки тепловыделения в шкафу, например, тогда, когда производитель компонентов не предоставляет данных о тепловыделении. Для грубого расчета можно использовать потребляемую мощность, например, при потребляемой мощности 40 кВт тепловыделение составляет ок. 5 %, т. е. около 2000 Вт.



## Зачем нужен электрический испаритель конденсата?

Из автомобильной промышленности поступило требование по недопущению несчастных случаев из-за луж, без использования сложных систем отвода конденсата. Поэтому были разработаны агрегаты со встроенным электрическим испарителем конденсата.



В данном случае речь идет об эффективном нагревательном патроне РТС с регулировкой мощности в зависимости от количества конденсата. За час может испаряться примерно 120 мл. конденсата. Таким образом, обеспечивается возможность полной ликвидации конденсата.

### Указание:

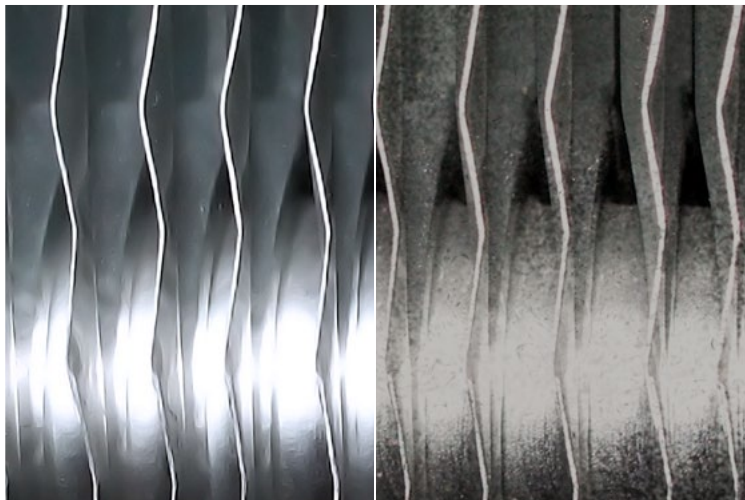
При повышенном выпадении конденсата он отводится из шкафа с помощью резервного отвода конденсата.

### **Повышенная энергоэффективность благодаря нанопокрывтию Rittal**

При анализе затрат (Total Cost of Ownership) на холодильный агрегат выясняется, что в течение 5 лет затраты на электроэнергию и сервис составляют ок. 60 % всех затрат. Поэтому Rittal решил найти способ максимально снизить такие затраты. Нанопокрывтие конденсатора во внешнем контуре агрегата представляет собой оптимальное решение для того, чтобы снизить затраты на обслуживание и электроэнергию.

### **Преимущества нанопокрывтия Rittal**

- Небольшие отложения загрязнений на пластинах теплообменника
- Повышение эксплуатационной надежности
- Значительное уменьшение интервалов обслуживания
- Меньшее прилипание грязи, поэтому более простая чистка теплообменника
- **Постоянно высокая теплопроводность**



## ■ Общий обзор

**Быстрый выбор всех возможностей охлаждения распределительных шкафов в зависимости от условий окружающей среды и необходимой мощности охлаждения**

	Отводимое тепловыделение $\Delta T = 10 \text{ K}$		$T_u, \text{ }^\circ\text{C}$			Качество воздуха				
	< 1500 Вт	> 1500 Вт	20...55	20...70	>70	без пыли	пыль	мас-ло	агр. в-ва	
<b>Фильтрующие вентиляторы</b>	■	■	■			■	■			
Прокладка тонкой очистки (нетканое полотно)	■	■	■				■			
Прокладка (нетканое полотно)	■	■	■				■			
<b>Возд.-возд. ТО</b>	■		■			■	■			
<b>Воздухо-водяной теплообменник</b>										
Стандарт	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Исполнение из нержавеющей стали	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
<b>Холодильный агрегат</b>										
Стандарт	■	■	■			■				
Для хим. промышленности	■	■	■						■	
Прокладка (ПВХ)	■	■	■				■			
Металлический фильтр	■	■	■				■	■	■	
Покрытие RiNano	■	■	■				■	■	■	

## ■ Выбор и расчет решений по контролю микроклимата с помощью ПО Therm

Уже в 1992 г. Rittal выпустил для своих клиентов первую версию программного обеспечения Therm для расчета и выбора правильных компонентов контроля микроклимата. Сегодня сложный расчет полностью берет на себя ПО версии 6.2. С помощью простого интерфейса пользователь подбирает подходящие и правильно рассчитанные компоненты контроля микроклимата. Все результаты соответствуют нормам IEC/TR 60 890 AMD1/02.95 и DIN EN 14 511-2:2011.

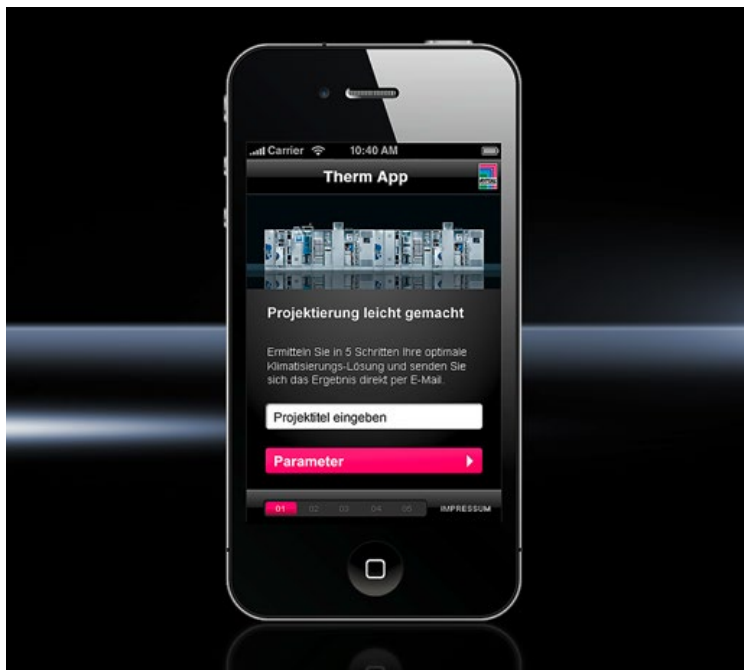
С помощью данного ПО возможен подбор всех компонентов контроля микроклимата, включая конфигурацию систем обратного охлаждения (чиллеров).

Еще одним преимуществом данного ПО является прямое взаимодействие с ПО EPLAN ProPanel. При комплектации монтажной панели необходимыми электрическими компонентами определяется тепловыделение и оно передается в ПО Therm, где рассчитываются и подбираются компоненты контроля микроклимата.

Важно то, что результаты расчета могут быть предоставлены конечному клиенту в виде подробного документа.

При использовании данного ПО проектировщик экономит большое количество рабочего времени при подборе решения по контролю микроклимата.





## Расчет микроклимата на смартфоне с помощью Therm

Проектирование оптимального решения по контролю микроклимата за пять простых шагов:

- Название проекта (заголовок E-mail-сообщения)
- Параметр
- Корпус
- Выбор
- Рекомендация

Приложение Therm для Android и iOS (iPhone) возьмет на себя трудоемкий расчет потребности в контроле микроклимата для индивидуальных конструкций распределительных шкафов.

Это приложение представляет собой компактный вариант полной версии "Therm 6.2". Результат может быть быстро и просто отправлен по E-mail. Понятный интерфейс помогает пользователю при помощи привычных элементов управления подобрать компоненты для контроля микроклимата с правильными параметрами.

Все оценки строго соответствуют нормам IEC/TR 60 890 AMD1/02.95 и DIN 3168 для холодильных агрегатов распределительных шкафов.



# Rittal – The System.

Faster – better – everywhere.



ENCLOSURES

POWER DISTRIBUTION

CLIMATE CONTROL

# Советы по проектированию и эксплуатации

<b>Полезные и важные советы по проектированию и эксплуатации .....</b>	<b>66</b>
■ Правильный монтаж и отвод тепла от шкафов .....	66
■ Внешний контур – свободное пространство .....	68
■ Инновационный ток воздуха во внутреннем контуре .....	69
■ Система воздуховодов.....	69
<b>Обслуживание .....</b>	<b>71</b>
■ Применение фильтрующих прокладок.....	72
■ Фильтр внешнего вентилятора.....	73

## ■ Полезные и важные советы по проектированию и эксплуатации

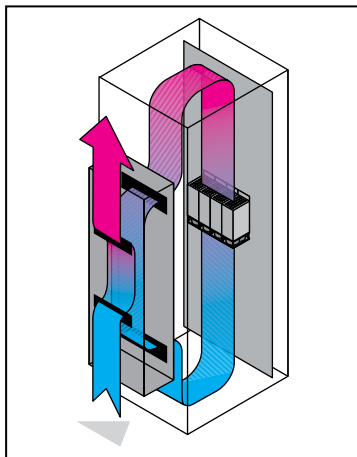
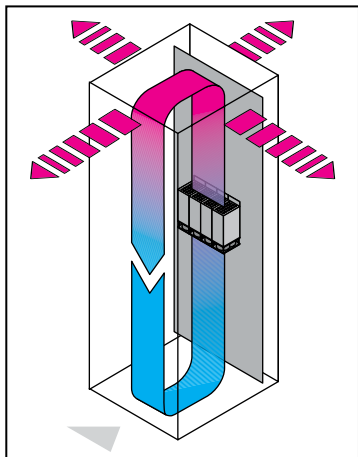
Помимо расчета и выбора решений по отводу тепла из распределительных шкафов и корпусов, также важно правильное проектирование и расположение приборов и компонентов. Приборы и электрические компоненты должны быть смонтированы в соответствии с указанием производителей и данными в документации приборов.

### При расположении приборов в шкафу должны быть учтены следующие пункты:

- Направление потока холодного воздуха на компоненты должно быть снизу вверх
- Между компонентами должно быть предусмотрено достаточно места для тока воздуха

- Отверстия для входа воздуха компонентов охлаждения не должны загромождаться приборами и кабельными каналами

## Правильный монтаж и отвод тепла от шкафов



Очень часто электрические кабели и провода прокладываются поверх компонентов. При этом нарушается отдача тепла от компонентов возду­ху шкафа. Провода работают как

теплоизоляция. Это способствует перегреву компонентов, даже при наличии охлаждения.

### Типичные ошибки на практике

Закрыты вентиляционные отверстия



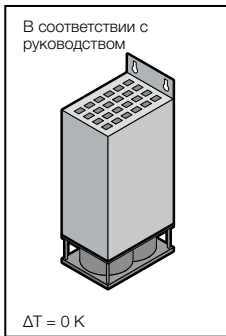
неправильно



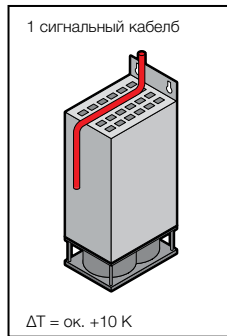
правильно

### Свободное пространство для вентиляции

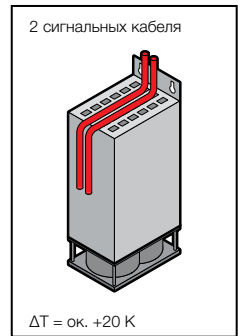
Особенно сильно нарушается охлаждение у узких компонентов, если кабели проложены поверх вентиляционных отверстий.



Модули 50 мм имеют 4 ряда отверстий в решетке



→ +10 K → срок службы 50 %, вероятность выхода из строя вдвое выше



→ +20 K → срок службы 25 %, вероятность выхода из строя вчетверо выше

### Типичные ошибки на практике

закрыты отверстия для входа воздуха

- При проектировании следует предусмотреть места для хранения необходимых документов и схем.

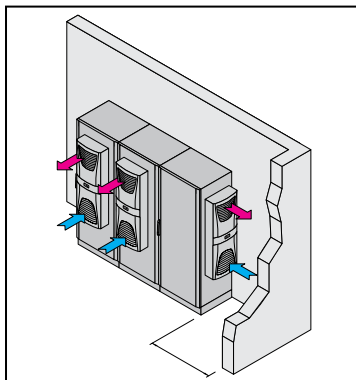
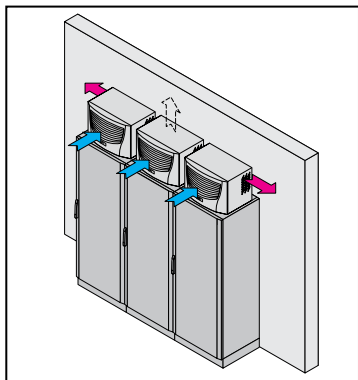


## Внешний контур – свободное пространство

- При всех решениях по контролю микроклимата следует обращать внимание, чтобы подвод и отвод воздуха у компонентов охлаждения не загромождался стенками, машинами и другими предметами.

### Указание:

У потолочных агрегатов – независимо от установки – всегда необходим один свободный выход воздуха, т. к. вход воздуха находится спереди. Теплый воздух отводится через боковые и заднюю стенку, а опционально через крышу.



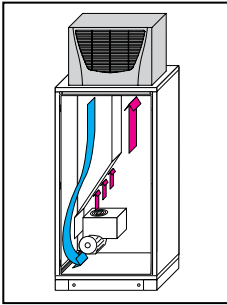
## Циркуляция воздуха в шкафу

- При проектировании следует обратить внимание на ток воздуха с учетом направления вентиляции самих компонентов в шкафу. Следует избегать случаев, когда ток воздуха от охлаждения направлен против тока воздуха от вентиляции компонента!

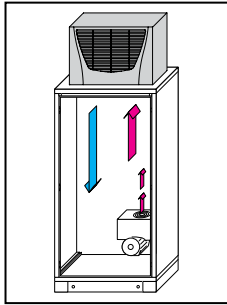
Такие проблемы часто возникают при использовании потолочных вентиляторов. Оптимальным техническим решением здесь являются холодильные агрегаты и теплообменники с воздуховодами.

### Расположение электронных компонентов в шкафу

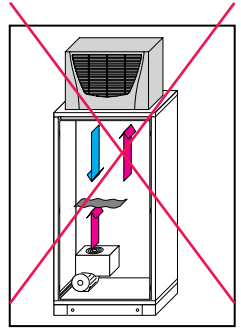
В частности, при использовании потолочных агрегатов нужно обратить внимание на ток воздуха от собственной системы вентиляции компонентов.



правильно

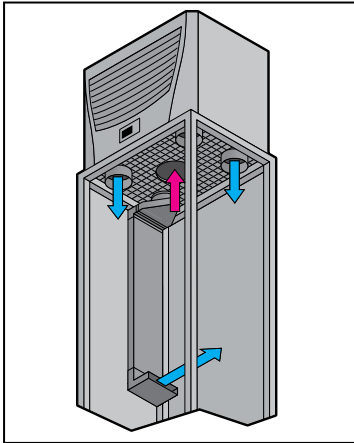


правильно



неправильно

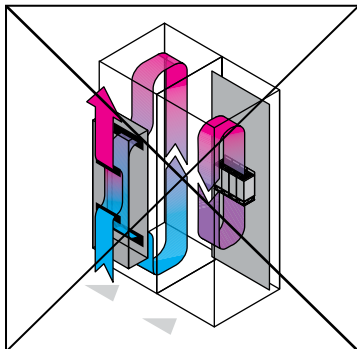
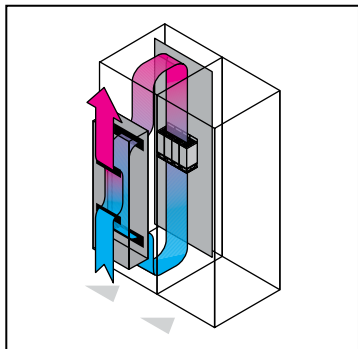
## Инновационный ток воздуха во внутреннем контуре



- С помощью системы воздуховодов воздух от агрегата или теплообменника может быть целенаправленно подведен к компонентам, без нарушения собственной вентиляции компонентов.

### Система воздуховодов

- Следует избегать замыкания воздушных потоков при использовании систем воздуховодов
- Целенаправленное обеспечение холодным воздухом компонентов с собственной вентиляцией
- Применение системы воздуховодов особенно оправдано у потолочных агрегатов



■ Холодный воздух от всех систем охлаждения должен направляться непосредственно к двигателям компонентов (рис. выше). Там возникает наибольшее тепловыделение. Такое расположение обеспечивает оптимальное охлаждение холодным воздухом.

■ При таком расположении, как на рисунке выше, шкаф охлаждается не оптимально. Двигатели и электронные приборы в шкафу справа не получают достаточного охлаждения. При этом, несмотря на расчеты, выделяемая тепловая мощность не сможет быть отведена от компонентов.



■ Температура внутри шкафа должна всегда быть установлена на +35°C. Не существует технических условий, чтобы эта уставка температуры была ниже! При более низкой температуре в шкафу, напр. +15°C, возникает большое количество конденсата.

Компоненты переохлаждаются и на них возникает конденсат при прекращении охлаждения или при открытии двери шкафа.

- При заданной внутренней температуре +15°C холодильный агрегат развивает лишь 50 % мощности, заданной согласно DIN 14 511 (т. е. при внутренней температуре +35°C).
- Если не обращать внимание на предписания по монтажу электронных компонентов, то это может привести к снижению срока службы и преждевременному выходу компонентов из строя.
- Компоненты контроля микроклимата работают в промышленной среде, в которой присутствуют грязь, пыль и масло. Компоненты контроля микроклимата не требуют значительного обслуживания, но не обходятся без него. Не контактируют с окружающей средой лишь воздухо-водяные теплообменники. Для того, чтобы обеспечить длительную эксплуатацию компонентов и установок, необходимо обеспечить их систематическое обслуживание.

## ■ Обслуживание

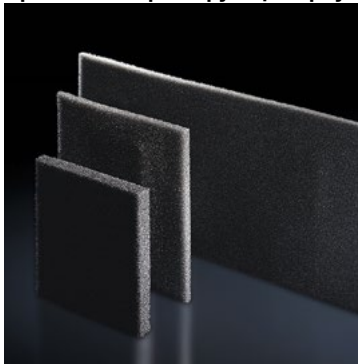


- Обслуживание фильтрующих вентиляторов, воздухо-воздушных теплообменников и холодильных агрегатов заключается в замене фильтров.
- Следует избегать засорения фильтров пылью и маслосодержащей грязью, что препятствует работе агрегата.
- Следует использовать только рекомендованные производителем прокладки. Нетканое полотно не рекомендуется использовать с холодильными агрегатами.



- При содержании масла в воздухе используется металлический фильтр. Его можно при необходимости мыть и использовать повторно.
- Благодаря нанопокрытию, холодильные агрегаты Rittal не требуют отдельного фильтра при содержании пыли в воздухе.

### Применение фильтрующих прокладок



При большом количестве пыли следует использовать фильтр из ПВХ и регулярно его заменять. Холодильные агрегаты с нанопокрытием не требуют фильтра от пыли.



При содержании масла используется металлический фильтр. Он отделяет пары масла и может быть очищен с помощью моющих средств.



Сетка для задержания волокон (для текстильной промышленности).



**Указание:**  
Нетканое полотно не подходит для холодильных агрегатов.

- Если в окружающем воздухе присутствуют ворсинки, например, в текстильной промышленности, используется сетка для задержания волокон.

## Фильтр во внешнем контуре

Работа при содержании ворсинок в воздухе (текстильная промышленность)



Все эти указания и советы основаны на многолетнем опыте применения решений по контролю микроклимата распределительных шкафов в условиях промышленного производства.

При учете этой информации охлаждение электрических компонентов становится оптимальным, а отвод тепла из шкафов и корпусов будет более эффективным.

# Rittal – The System.

Faster – better – everywhere.

ENCLOSURES

POWER DISTRIBUTION

CLIMATE CONTROL

# Охлаждение машин и процессов

<b>Что такое охлаждение машин и процессов? .....</b>	<b>76</b>
■ Возможности применения чиллеров .....	78
■ Модульный чиллер .....	80

## IT-охлаждение

Страница

<b>Чиллеры для IT-охлаждения .....</b>	<b>81</b>
<b>Резюме .....</b>	<b>88</b>

IT INFRASTRUCTURE

SOFTWARE & SERVICES



## ■ Что такое охлаждение машин и процессов?

Работа высокомоощных обрабатывающих станков с высокими требованиями к точности обработки неммыслима без прецизионного охлаждения.

Для того, чтобы обеспечить постоянную температуру заготовки и станка, необходимо эффективное охлаждение. Эти процессы реализуются с помощью систем обратного охлаждения (чиллеров).

По данным различных исследований, в т. ч. университетов Аахена и Дармштадта, на охлаждение уходит примерно 15% энергопотребления современного обрабатывающего станка.

### Водяное охлаждение станка и распределительного шкафа



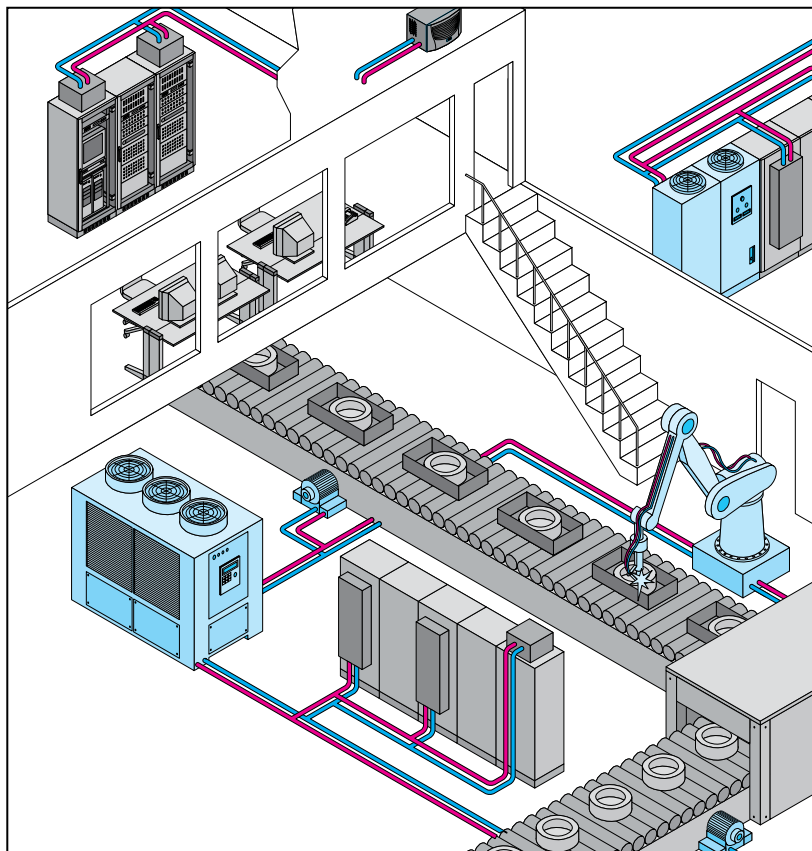


IT INFRASTRUCTURE

SOFTWARE & SERVICES







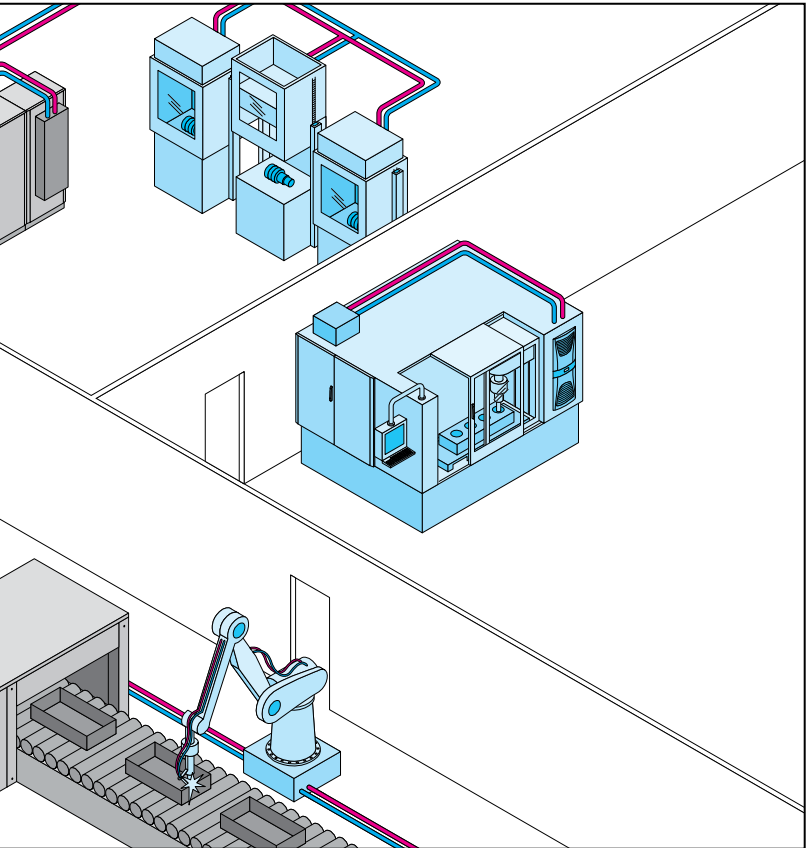
## Возможности применения чиллеров

**Энергоэффективное водяное охлаждение на производстве**

**Назначение: охлаждение машин и процессов**

Удобство и возможность отводить с помощью воды большие количества тепла от станка значительно уско-

рили в последнее время применение систем обратного охлаждения (чиллеров). Кроме того, наметилась также тенденция по охлаждению распределительных шкафов с помощью воздухо-водяных теплообменников.



В том случае, если чиллер должен обслуживать несколько потребителей, ставящих различные требования к температуре и количеству подаваемой жидкости, например, комбинированное охлаждение машин и станков, используются многоконтурные системы. Благодаря такому решению различные контура адаптируются к потребителям,

например, температура воды для станка  $+15^{\circ}\text{C}$ , для шкафа  $+20^{\circ}\text{C}$ .



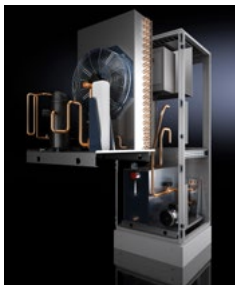
## Модульный чиллер

Все более актуальное требование по стандартизации чиллеров, обусловленное ростом затрат и доступностью компонентов на мировых рынках. Rittal последовал этой тенденции и разработал модульную систему чиллеров TopTherm.

### Модульный принцип Rittal



Модуль гидравлики +



Модуль охлаждения +



Модуль электрики =



Готовый чиллер

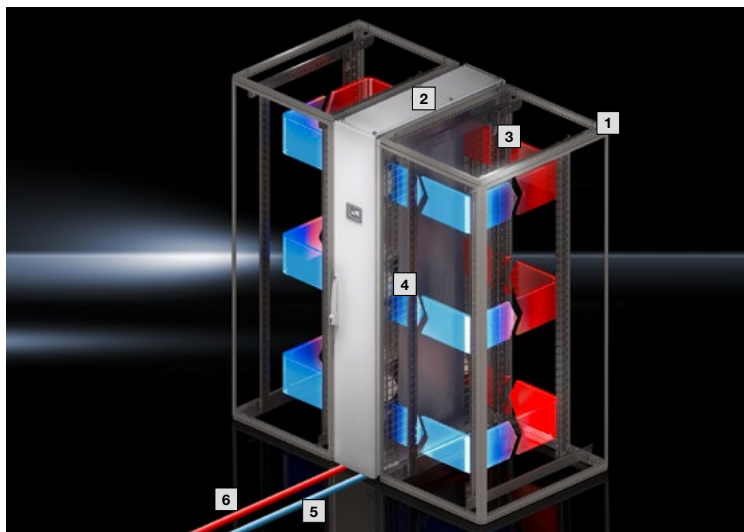
Данная разработка полностью интегрируется в систему Rittal, так как в основе конструкции лежит шкаф TS 8. Благодаря модульной конструкции обеспечивается стандартизация отдельных модулей, что обеспечивает удобство сборки и правильный ток воздуха.

Чиллеры предназначены исключительно для охлаждения воды или смеси воды с гликолем, за исключением чиллеров, специально предназначенных для масел и эмульсий. При наружной установке доля гликоля выбирается в пропорции 1:2, при установке внутри помещения 1:4. Почти без исключения необходимо добавление в воду защитных присадок. Помимо защиты от замерзания, они сдерживают рост бактерий и оптимально защищают от коррозии.

## ■ Чиллеры для IT-охлаждения

Работа центров обработки данных (ЦОД) без целенаправленного охлаждения сегодня не возможна. Требуется эффективность, безопасность и надежность 99,99 % в год. При этом тепловыделение в современных ЦОД является врагом номер один для серверов

### Системы жидкостного охлаждения

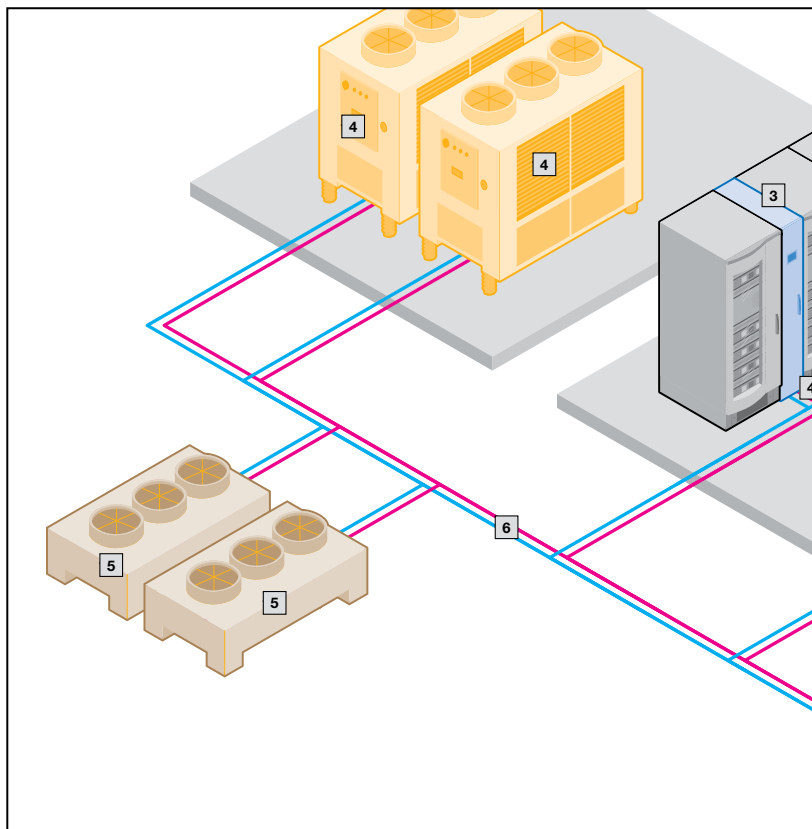


- |                        |  |                                     |
|------------------------|--|-------------------------------------|
| <b>1</b> Стойка        | <b>3</b> Температура воздуха на входе  | <b>5</b> Температура воды на входе  |
| <b>2</b> Теплообменник | <b>4</b> Температура воздуха на выходе | <b>6</b> Температура воды на выходе |

Необходимо как можно более эффективно отводить высокие тепловые мощности от серверов внутри стойки. Компания Rittal является компетентным специалистом по реализации требований современной инфраструктуры ЦОД в плане энергоэффективности и экологичности.

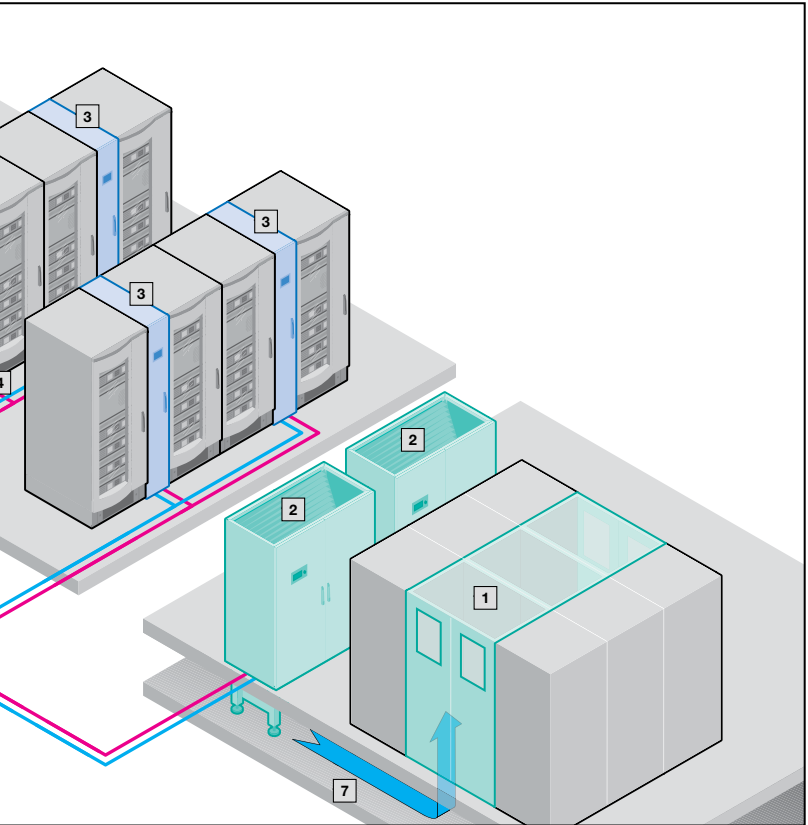
Жидкостное охлаждение с чиллерами Rittal обеспечивает необходимую подачу охлажденной воды для охлаждения серверных шкафов.

## Климатическая система помещения с воздушно-водяным теплообменником и вентиляторами. Класс мощности 23 – 118 кВт



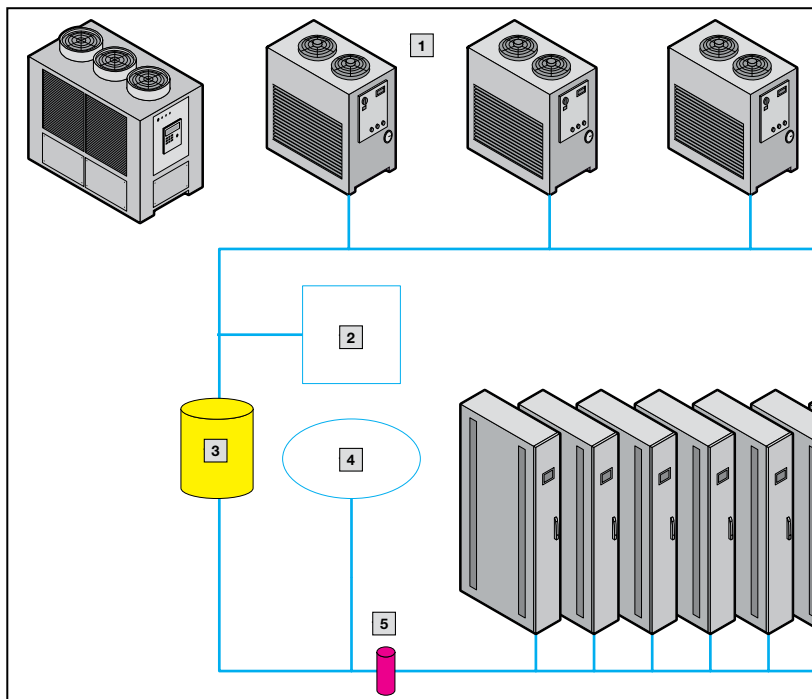
Охлаждение ЦОД как правило происходит с использованием фальш-пола, т. е. воздух помещения ЦОД охлаждается климатической (CRAC) системой и подается под фальш-пол. Теплый воздух от серверных шкафов и помещения всасывается

климатической системой сверху и охлаждается воздушно-водяным теплообменником. Охлаждающая вода производится чиллером Rittal и подается на климатическую систему.

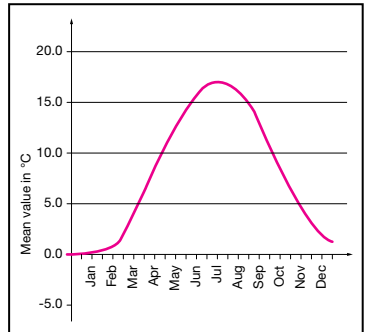
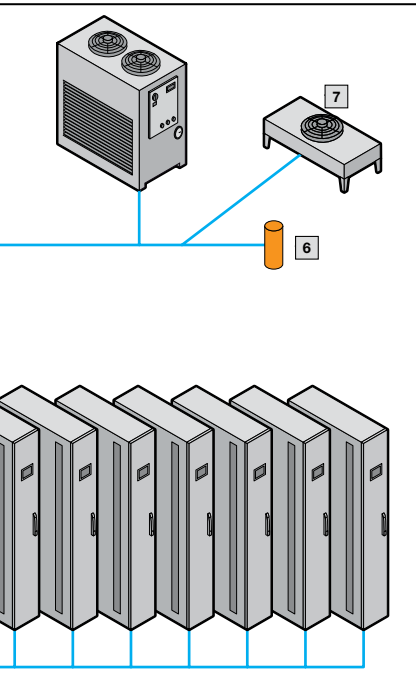


- |                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| <b>1</b> Отделение коридоров        | <b>5</b> Естественное охлаждение                |
| <b>2</b> Климатические системы      | <b>6</b> Трубопроводы                           |
| <b>3</b> LCP-Liquid Cooling Package | <b>7</b> Фальшпол для подвода холодного воздуха |
| <b>4</b> IT-чиллеры                 |   |

## Средние значения температур в течение месяцев и года



При применении так называемого естественного охлаждения обеспечивается, что чиллеры, которые чаще всего выполняются с резервированием, используются лишь тогда, когда средняя наружная температура ниже  $8,4^{\circ}\text{C}$ , т. е. более половины времени в году. Благодаря этому техническому решению вносится значительный вклад в снижение энергозатрат центра обработки данных



Пример средних температур для Германии

- 1 Чиллер
- 2 Кондиционирование помещений
- 3 Бак-накопитель
- 4 Водяной бак
- 5 Насосная станция
- 6 Насос обратного тока для обогрева
- 7 Естественное охлаждение

Системы и инфраструктуры Rittal для охлаждения ЦОД отвечают требованиям национальных и международных стандартов, например, DIN, TÜV, GS и UL. Для оценки энергоэффективности ЦОД

используется показатель энергоэффективности инфраструктуры (Data Center Infrastructure Efficiency) Этот показатель определяется в EU-Code of Conduct for Data Centers с 2008 г. следующим образом:

$$DCIE = \frac{\text{Энергопотребление IT-оборудования}}{\text{Суммарное энергопотребление}} \cdot 100 \%$$

### Готовый ЦОД с серверными шкафами и водяным охлаждением



ENCLOSURES

POWER DISTRIBUTION

CLIMATE CONTROL

**При идеальных условиях показатель DCiE может достигать 100 %.**

При этом важно, чтобы как на этапе проектирования, так и при эксплуатации инфраструктуры ЦОД все системы соответствовали друг другу.



IT INFRASTRUCTURE

SOFTWARE &amp; SERVICES





## Резюме

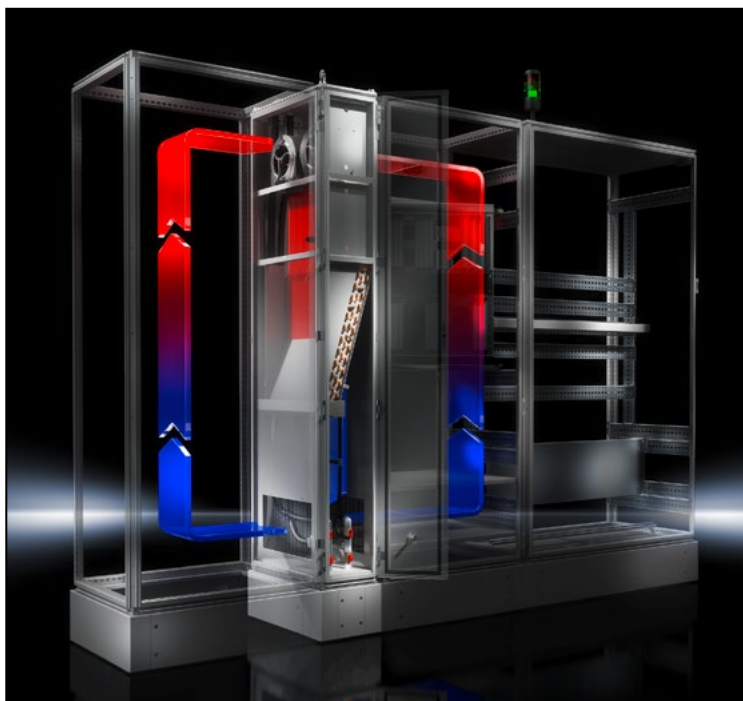
Вода приобретает все большее значение для охлаждения машин, установок и распределительных шкафов по причине роста тепловыделения установленного оборудования.

### **Ни одно другое решение не обладает лучшей эффективностью!**

Без чиллеров сегодня немислим удобный и отвечающий требованиям отвод тепла от машин, промышленных распределительных шкафов, медицинского оборудова-

ния (например, томографов), машин для производства изделий из пластмасс и установок в химической промышленности, а также от серверов в IT-инфраструктурах.

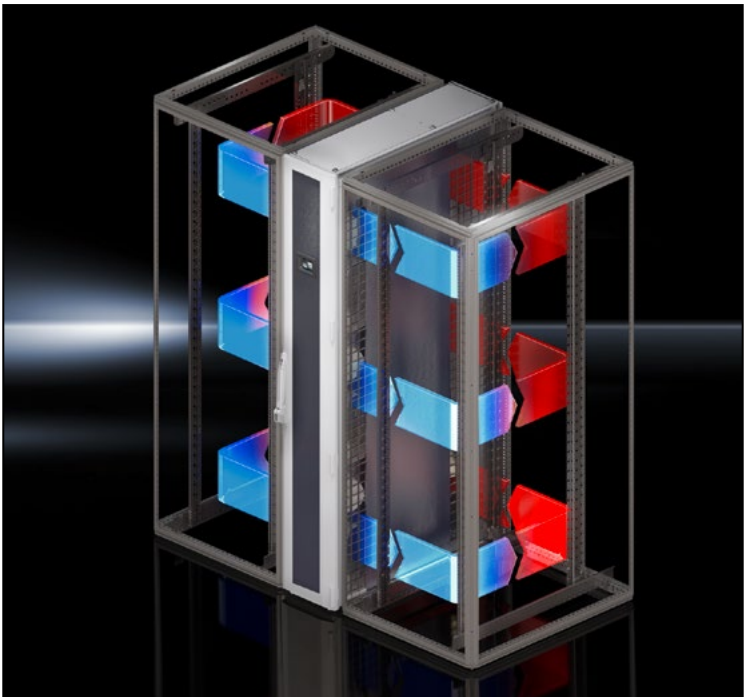
### **Системы жидкостного охлаждения**



**Промышленный LCP**

При этом все установки должны быть оптимизированы таким образом, чтобы они вносили вклад в энергоэффективность всего решения в целом.

**Rittal сегодня предлагает эффективные решения по отводу тепла для всех случаев применения, как в промышленности, так и при охлаждении IT-систем. Все решения в рамках этого направления являются частью "Rittal – The System."**



Охлаждение стоек

IT INFRASTRUCTURE

SOFTWARE & SERVICES



## ■ Предметный указатель

### Б

Быстрый выбор возможностей  
охлаждения шкафа 61

### В

Виды теплоотвода 21  
Водоохлаждаемая  
монтажная панель 26, 50  
Водяное охлаждение,  
преимущества 44

### И

Излучаемая мощность 24  
Излучение тепла 21  
Испаритель конденсата,  
электрический 59

### К

Классификация IP 18  
Классификация NEMA 19  
Конвекция 21  
Контроль микроклимата,  
активный 26, 53  
Контроль микроклимата,  
пассивный 26  
Контур охлаждения 54

### М

Методы охлаждения 26

### Н

Нанопокрытие 60

### О

Обогреватели  
распределительных шкафов 28  
Объемный расход вентилятора 35  
Отвод больших тепловых  
мощностей 48  
Охлаждение потоком воздуха 22

### П

Пельтье-холодильный агрегат 40  
ПО EPLAN 62  
Поверхность шкафа 25  
Прямое водяное охлаждение 50

### С

Система обратного  
охлаждения 62  
Собственная конвекция 22  
Способ установки корпуса 24  
Сравнение эффективности:  
холодильные агрегаты –  
чиллер с теплообменниками 46  
Стандарт DIN EN 60 529 18

### Т

Тепловыделение  $\dot{Q}_v$  23  
Теплоотвод воздушно-водяными  
теплообменниками 42  
Теплоотвод воздушно-воздушными  
теплообменниками 37  
Теплоотвод принудительной  
циркуляцией воздуха 32  
Теплоотвод фильтрующими  
вентиляторами 33  
Теплопроводность 21  
Термоэлектрическое  
охлаждение 40  
Технология PTC 59

### У

Уравнение Аррениуса 20

### Х

Холодильные агрегаты "Blue e" 58  
Холодильные агрегаты ProOzon 9

### Э

Энергоэффективность  
холодильных агрегатов 58

## ■ Важнейшие сокращения и понятия

### Аррениус

- Сванте Аррениус, шведский физик, 1859 – 1927

### Излучение тепла

- Передача тепла через поверхность

### Конвекция

- Передача тепла или холода через стенки при разности температур

### Коэффициент $k$

- Коэффициент теплопередачи, зависит от материала (сталь)

### Молье

- Рихард Молье, немецкий профессор в области физики и машиностроения

### МЭК

- Международная электротехническая комиссия

### Нано

- Одна миллиардная часть целого, т. е. 0,000 000 001

### Пельтье

- Жан Шарль Пельтье, французский физик, 1785 – 1845

### Система обратного охлаждения или чиллер

- Подготовка холодной воды холодильной машиной

### Степень защиты IP

- International Protection Codes (защита электрооборудования от влаги, посторонних тел и прикосновения)

### Тепловыделение

- Мощность тепловых потерь всех установленных компонентов в распределительном шкафу

### Технология PTC

- Положительный температурный коэффициент (свойство

проводника «хорошо» проводить электрический ток при низких температурах)

### CFD-анализ

- Computational Fluid Dynamics (численное моделирование потоков и тепловых процессов с помощью ПК)

### $c_p$

- Удельная теплоемкость например, воздуха при 20°C

### DCIE

- Data Center Infrastructure Efficiency (показатель энергопотребления центра обработки данных (ЦОД))

### DIN

- Немецкий институт по стандартизации

### GS

- Знак качества, протестировано TÜV

### NEMA

- National Electrical Manufacturers Association (стандарт США)

### UL

- Underwriters Laboratories (проверяет продукты, материалы и системы на соответствие стандартам безопасности США)

### VDE

- Объединение производителей электротехники, электроники и информационной техники

### VDMA

- Союз немецких предприятий в области машиностроения

### ZVEI

- Центральное объединение производителей электротехники и электроники

---

## ■ Список литературы

- Bliesner, Jürgen: Wichtige Installationshinweise beim Schaltschrankaufbau, Siemens AG, 2007.
- Rittal GmbH & Co. KG: Praxis-Tipps zur Schaltschrank-Klimatisierung und Maschinenkühlung, Rittal GmbH & Co. KG, 2004.
- Rittal GmbH & Co. KG: Rittal SK – System Climate Control, Rittal GmbH & Co. KG, 2006.
- Siemens AG: Schaltschrankintegration, SINAMICS S120 Booksize/SIMODRIVE – Systemhandbuch 09/2007, SiemensAG, 2007.
- Styppa, Heinrich: Klimatisierung für Gehäuse, Maschinen und Anlagen – Grundlagen, Komponenten, Anwendungen. Die Bibliothek der Technik, Bd. 284, sv corporate media, 2005.
- Schneider, Ralf, et al.: Projektierungshandbuch Schaltschrank-Entwärmung, 2. Auflage Dezember 2011, Süddeutscher Verlag onpact GmbH, 81677 München.

# Rittal – The System.

Faster – better – everywhere.



IT INFRASTRUCTURE

SOFTWARE & SERVICES



# Rittal – The System.

Faster – better – everywhere.



ENCLOSURES

POWER DISTRIBUTION

CLIMATE CONTROL

# Протестированная TÜV мощность согласно DIN EN 14 511:2012-01

Важнейшей составляющей данных по мощности холодильного агрегата является измерение мощности согласно стандарту DIN EN 14 511.

Данный европейский стандарт определяет условия испытаний кондиционеров воздуха, систем жидкостного охлаждения (чиллеров) и тепловых насосов, которые используют в качестве теплоносителя воздух, воду или растворы, оснащенных электрическими компрессорами и используемых для охлаждения или обогрева помещений. Проводимые TÜV независимые измерения мощности обеспечивают клиенту уверенность в том, что мощность используемого им холодильного агрегата действительно достигает заявленных значений и имеет наилучший показатель энергоэффективности (EER).

Холодильные агрегаты Rittal "Blue e" в диапазоне мощностей от 300 до 4000 Ватт были протестированы по этому стандарту и имеют знак TÜV.

За исключением холодильных агрегатов с допуском Ateх для зоны 22, а также агрегатов с NEMA 4X.

IT INFRASTRUCTURE

SOFTWARE & SERVICES





**В этой серии вышли:**

**1**

2013

## **Правила создания НКУ**

согласно ГОСТ Р МЭК 61439

**2**

2013

## **Охлаждение распределительных шкафов и процессов**

**3**

2013

## **Технические аспекты распределительных шкафов**



# Rittal – The System.

Faster – better – everywhere.

- Корпуса
- Электрораспределение
- Контроль микроклимата
- IT-инфраструктура
- ПО и сервис

ООО "Риттал"

Россия · 125252 · г. Москва, ул. Авиаконструктора

Микояна, д. 12 (4-й этаж)

Тел. +7 (495) 775 02 30 · Факс +7 (495) 775 02 39

E-mail: [info@rittal.ru](mailto:info@rittal.ru) · [www.rittal.ru](http://www.rittal.ru)



FRIEDHELM LOH GROUP