

# Повышение эффективности охлаждения стойки за счет использования панелей-заглушек

Нил Расмуссен

Информационная  
статья № 44

**APC**<sup>®</sup>  
Legendary Reliability<sup>®</sup>

## Краткий обзор

Наличие незанятого вертикального пространства в открытых стойках и шкафах является причиной неограниченной рециркуляции горячего воздуха, вызывающей нежелательный перегрев оборудования. Эту проблему можно решить частично путем использования панелей-заглушек. В настоящей статье разъясняются и оцениваются результаты и влияние панелей-заглушек на производительность системы охлаждения.

## Введение

ИТ-оборудование, смонтированное в стойках, охлаждается благодаря циркуляции воздуха в помещении центра обработки данных или в зале с сетевым оборудованием. Если нагретый отработанный воздух попадает во входные вентиляционные отверстия оборудования, может возникать нежелательный перегрев. Центры обработки данных и помещения для сетевого оборудования должны быть спроектированы таким образом, чтобы исключить возможность попадания в оборудование нагретого воздуха. Это достигается благодаря использованию общераспространенных способов установки или систем из готовых блоков.

В пределах самой стойки существует возможность попадания отработанного нагретого воздуха в результате рециркуляции в воздухозаборники оборудования. В основном это происходит, когда горячий отработанный воздух выводится сверху или снизу оборудования, а затем возвращается обратно через воздухозаборники. Пользователи практически не принимают во внимание это явление, хотя оно является одной из главных причин перегрева оборудования в действующих центрах обработки данных.

В статье объясняется, как возникает данная проблема, предоставляются реальные примеры ее влияния, а также описывается серьезный вред этого явления для процессов охлаждения оборудования. Объясняется и оценивается преимущество использования панелей-заглушек, помогающих бороться с этой проблемой.

## Рециркуляция отработанного воздуха

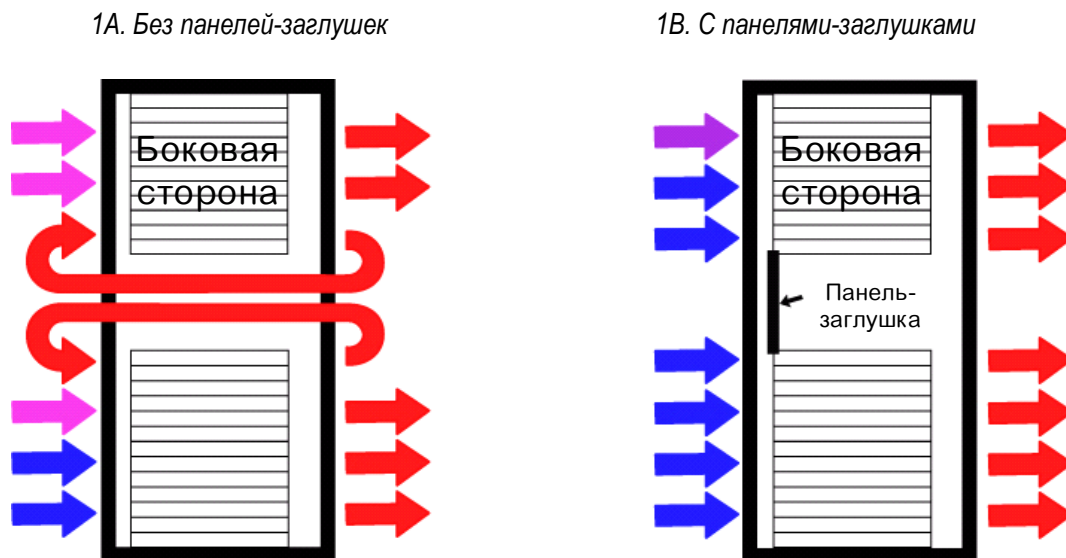
Перегрев из-за рециркуляции отработанного воздуха и преимущества использования панелей-заглушек хорошо известны производителям ИТ-оборудования. Сами производители ИТ-оборудования советуют пользоваться панелями-заглушками. Ниже приводится цитата из руководства по установке сервера Compaq:

### **Закрывающие панели (заглушки)**

**ВНИМАНИЕ.** Для поддержания надлежащего воздушного потока необходимо всегда использовать панели-заглушки, которыми заполняются пустые вертикальные пространства. Отказ от использования панелей-заглушек в стойке может стать причиной неправильного охлаждения и повреждения в результате перегрева. Если какое-нибудь вертикальное пространство в стойке не заполнено компонентами, промежутки между компонентами могут вызывать изменения воздушного потока, проходящего через стойку и компоненты. Закройте эти промежутки панелями-заглушками для поддержания надлежащего воздушного потока.

Пример движения воздушного потока в типичной стойке приводится на **Рис. 1**. На **Рис. 1А** показан воздушный поток без использования панелей-заглушек. На **Рис. 1В** после установки панелей-заглушек воздушный поток изменяется.

**Рис. 1** - Схемы воздушных потоков в стойке, показывающие результат использования панелей-заглушек.



Обратите внимание, что при возникновении перегрева из-за рециркуляции, против которой не принимаются меры, единственным практическим решением проблемы является уменьшение температуры воздуха, подаваемого в помещение. При этом производительность системы кондиционирования воздуха уменьшается, появляется дополнительный конденсат в блоке кондиционирования компьютерного зала и возникает необходимость в дополнительном увлажнении. Такие последствия могут привести к значительному увеличению затрат на электричество, а также создать определенный дискомфорт для персонала в центре обработки данных.

## Почему панели-заглушки не устанавливаются повсеместно?

Панели-заглушки не устанавливаются повсеместно из-за двух основных факторов. Первый фактор - недостаток знаний. Многие не понимают той роли, которую играют панели-заглушки в стойке. Кое-кто считает, что они служат только для эстетических целей. Настоящая статья помогает прояснить этот вопрос на основе результатов экспериментов.

Вторым фактором является трудность установки. Для установки обычных приворачиваемых панелей-заглушек требуются четыре винта, четыре втулки и четыре гайки. На это требуется время, и в результате процесс развертывания стойки становится сложнее. Ошибка человеческого фактора является серьезным моментом при установке приворачиваемых панелей-заглушек, поскольку небольшие гайки, винты и панели часто при падении попадают в работающее оборудование и потенциально становятся причиной простоя. Кроме того, старые приворачиваемые панели-заглушки обычно поставляются в наборах для разной высоты проема (U). Например, в набор могут входить панели для 1, 2, 4 и 8 проемов. Это представляет сложную задачу, поскольку под рукой должно быть не только правильное количество панелей, но и верное сочетание размеров панелей, которыми закрываются необходимые пространства. При развертывании или восстановлении работоспособности центра обработки данных эти факторы могут замедлять процессы, зачастую имеющие тесную связь со временем.

При наличии панелей-заглушек, которые вставляются в любые прямоугольные проемы стойки монтажного шкафа, особенно если установка выполняется без инструментов, значительно уменьшаются время и трудозатраты, связанные с их установкой. Более того, благодаря стандартизации размеров панелей можно без труда вставлять их в стойки, вместо того чтобы сокращать пустые пространства с помощью панелей разного размера на 1, 2, 4 и 8 проемов. Например, если в стойке необходимо заполнить пространство из трех проемов, а остались только две панели для двойных проемов, пространство не удастся заполнить с помощью такого подручного материала. Для завершения установки придется дождаться получения заказанных одинарных панелей.

Примером решения, которое отвечает этим требованиям, является панель-заглушка APC AR8136BLK, изображенная на **Рис. 2а** и **Рис. 2б**.

**Рис. 2а** - Пример модульной вставляемой панели-заглушки



**Рис. 26** - Вставляемый элемент панели-заглушки



Рассмотрим стоимость материала и трудозатраты на установку панелей-заглушек в центре обработки данных, включающем 100 стоек. Предположим, что в каждой стойке в среднем существует 10 пустых проемов (всего 1000 панелей-заглушек). В **Табл. 1** сравниваются затраты на установку одинарных вставляемых панелей с затратами на установку обычных приворачиваемых панелей-заглушек различных размеров. При использовании вставляемых панелей-заглушек экономия затрат на материалы составляет примерно 41 %, трудозатраты сократились на 97 %, а в общем затраты сократились на 48 %.

**Таблица 1 - Анализ затрат на панели-заглушки для центра обработки данных на 100 стоек**

	Одinar-ные вставляемые панели-заглушки	Устаревшие приворачиваемые панели-заглушки				
		Универсальный набор	Одinarные панели-заглушки	Двойные панели-заглушки	Панели-заглушки на 4 проема	Панели-заглушки на 8 проема
Обычные затраты на панели-заглушки за проем (U)	\$4,00	\$4,67	\$12,00	\$7,25	\$6,13	\$4,00
<b>Затраты на панели-заглушки за 1000 проемов</b>	\$4 000,00	\$4 666,67	\$12 000,00	\$7 250,00	\$6 125,00	\$4 000,00
Среднее время установки одной панели-заглушки (секунды)	4,3	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0
Время установки 1000 панелей-заглушек (часы)	1,2	22,2	83,3	41,7	20,8	10,4
Затраты на установку 1000 шт. по расценке \$25/час	\$29,76	\$555,56	\$2 083,33	\$1 041,67	\$520,83	\$260,42
<b>Затраты на материалы</b>						
Общие затраты на материалы за одinarные вставляемые панели-заглушки	\$4 000,00					
Общие средние затраты на материалы за приворачиваемые панели-заглушки	\$6 808,33					
<b>Трудозатраты</b>						
Общие трудозатраты при использовании одinarных вставляемых панелей-заглушек	\$29,76					
Общие средние трудозатраты при использовании приворачиваемых панелей-заглушек	\$892,36					
<b>Экономия</b>						
Экономия затрат на материалы (%) при использовании одinarных вставляемых панелей-заглушек	41,2%					
Экономия трудозатрат (%) при использовании одinarных вставляемых панелей-заглушек	96,7%					
<b>Одinarные вставляемые панели-заглушки в среднем устанавливаются в 30 раз быстрее, чем устаревшие приворачиваемые панели</b>						
<b>Доводы, выдвинутые на основе анализа</b>						
<p>Центр обработки данных на 100 стоек, в среднем с 10 проемами в стойке, которые необходимо заполнить, - иначе говоря, требуется 1000 панелей-заглушек.</p> <p>Время установки 42 одinarных вставляемых панелей-заглушек составляет 3 мин.</p> <p>Время установки одной приворачиваемой панели-заглушки старого образца составляет 5 мин.</p> <p>В каждой панели-заглушке старого образца имеется 4 отверстия.</p> <p>Универсальный набор содержит панели-заглушки для 1, 2, 4 и 8 проемов (по одной для каждого) - для 1000 проемов используется 67 наборов.</p>						

## Другие составляющие факторы неправильного воздушного потока

Отсутствие панелей-заглушек в неиспользуемом пространстве стойки - это только один путь, благодаря которому возможна рециркуляция отработанного воздуха. Существует также оборудование других типов, которое монтируется в стойке и в котором отработанный нагретый воздух возвращается в переднюю часть стойки. Кроме того, в некоторых конструкциях стоек поступающий и отработанный воздух, по существу, не разделяются. Главные дополнительные факторы утечки воздуха, а также способы управления ими приводятся в **Таблице 2**. Этот список может послужить контрольным перечнем для проверки существующих центров обработки данных или для оценки предлагаемых проектов центра обработки данных и помещения для сетевого оборудования. В **Таблице 2** предлагается не выбирать оборудование, например стойки и мониторы, без учета воздушного потока в стойке. Внедрение принципов управления, изложенных в **Таблице 2**, является основой обеспечения оптимальной и надежной работы системы охлаждения стойки.

**Таблица 2** - Факторы, способствующие перегреву, вызванному рециркуляцией воздуха в стойке, и методы управления ими.

Дополнительный фактор	Последствие	Контрольный перечень
Незанятое вертикальное пространство в стойке.	Открытое пространство способствует возвращению отработанного нагретого воздуха в оборудование через воздухозаборники, что в результате приводит к перегреву.	Используйте панели-заглушки во всех неиспользуемых местах стойки.
Направляющие стойки прикреплены с боковой стороны шкафа.	Открытое пространство сбоку способствует возвращению отработанного нагретого воздуха в оборудование через воздухозаборники, что в результате приводит к перегреву.	Не используйте в 23-дюймовых стойках (584 мм) 19-дюймовые направляющие (483 мм). Используйте стойки, в которых отсутствует открытое пространство между направляющей и боковой стенкой шкафа.
Мониторы на полках.	Открытое пространство вокруг монитора способствует возвращению отработанного нагретого воздуха в оборудование через воздухозаборники, что в результате приводит к перегреву.	Используйте тонкие ЖКД-мониторы с откидной крышкой. Приобретите накладные панели, монтируемые в стойке, для ЭЛТ-мониторов.

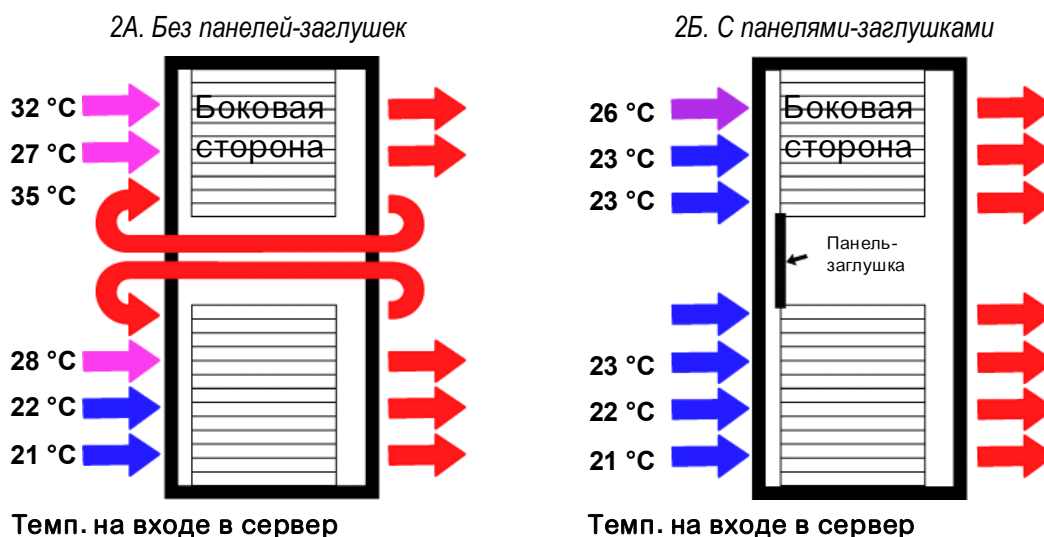


Дополнительный фактор	Последствие	Контрольный перечень
Башенные серверы на полках.	Открытое пространство вокруг серверов способствует возвращению отработанного нагретого воздуха в оборудование через воздухозаборники, что в результате приводит к перегреву.	Используйте серверы для монтажа в стойку.  Примечание. Удельная мощность башенных серверов в стойке является очень низкой, что уменьшает важность этой проблемы.
Вертикальное пространство в стойке используется для прокладки кабелей от передней к задней части стойки.	Открытое пространство вокруг кабелей способствует возвращению отработанного нагретого воздуха в оборудование через воздухозаборники, что в результате приводит к перегреву.	Используйте панели-заглушки, оснащенные гибкими щетками или щитками, которые делают возможной прокладку кабелей и в то же время уменьшают утечку воздуха.
Ограниченная вентиляция в передних или задних дверцах стойки.	Сопротивление воздушному потоку, проходящему через дверцу, создает перепад давления, который усиливает все вышеописанные явления.	Используйте полностью перфорированные передние и задние дверцы.  Не используйте дверцы со стеклом или дверцы с ограниченной перфорацией.
Пространство между стойками	Открытое пространство способствует возвращению отработанного нагретого воздуха в оборудование через воздухозаборники, что в результате приводит к перегреву.	Объедините стойки вместе, где возможно.

## Реальный пример

Количественное преимущество использования панелей-заглушек было оценено путем измерения влияния на действующую стойку, установленную с серверами в обычных условиях. Условия этого эксперимента описаны в **Приложении А**. Понижение температуры подаваемого в сервер воздуха в результате установки панелей-заглушек показано на **Рис. 3**.

**Рис. 3** - Влияние установки панелей-заглушек на температуру подаваемого в сервер воздуха



Краткое изложение этих данных представлено в **Табл. 3**. Данные показывают, что наиболее охлаждаемые сервера расположены в основании стойки, и использование панелей-заглушек не оказывает на них влияния. Сервер с самой высокой температурой воздуха на входе располагается непосредственно над неиспользуемым и открытым вертикальным пространством стойки. При установке панелей-заглушек температура на входе понижается более чем на 11,1 °С.

**Таблица 3** - Экспериментальные данные, показывающие влияние панелей-заглушек на температуру подаваемого в сервер воздуха.

Без панелей-заглушек	35 °С - сервер с самой высокой температурой	21 °С - сервер с самой холодной температурой
С панелями-заглушками (один и тот же сервер)	23 °С	21 °С
Разница температур	12 °С	0 °С

Контрольный тестовый пример представляет ситуацию, в которой несколько стоек с высокой плотностью расположены бок о бок длинными рядами. На практике высокие стойки повышенной удельной плотности часто устанавливаются рядом со стойками низкой удельной плотности и зачастую короткими рядами. Эффект снижения температуры с помощью панелей-заглушек в этих случаях ухудшается. Для подтверждения этого явления была измерена температура в действующих помещениях с сетевым оборудованием, в которых стойки разной удельной плотности располагались близко и короткими рядами. Во всех случаях наблюдалось снижение температуры попадающего в сервер воздуха в результате использования панелей-заглушек для закрытия смежного незанятого вертикального пространства в стойке. Реальное снижение измеренной температуры варьировалось в диапазоне 2,8 °C - 8,3 °C.

Понимание принципа рециркуляции воздуха в сочетании с экспериментальными результатами дает возможность сформулировать следующие выводы:

- В реальных условиях благодаря использованию панелей-заглушек можно уменьшить рабочую температуру ИТ-оборудования на 10 °C.
- Преимущества использования панелей-заглушек особенно ощутимы для рядом стоящего оборудования, а также над неиспользуемым пространством, закрытым панелями-заглушками.
- Использование панелей-заглушек позволяет уменьшить степень перегрева и отчасти решить проблемы, связанные с “горячими точками”, в центрах обработки данных и помещениях для сетевого оборудования.
- При добавлении панелей-заглушек можно обеспечить одинаковую температуру воздуха, попадающего в сервер. Это происходит благодаря более стабильной температуре воздуха, нагнетаемого кондиционером. Соответственно уменьшается влагопоглощение и повышается производительность системы кондиционирования воздуха.
- Указания по использованию панелей-заглушек, предлагаемые производителями оборудования, вполне уместны для применения.

## Выводы

ИТ-оборудование в среде со стойками может перегреваться, если нагретый отработанный воздух попадает обратно в воздухозаборники оборудования. Существует множество ситуаций, возникающих в стойке, которые могут способствовать рециркуляции воздуха и перегреву.

При использовании правильно спроектированной стойки вместе с оборудованием, которое в ней монтируется, основной причиной рециркуляции воздуха является незанятое пространство стойки. Проблему можно решить путем использования панелей-заглушек, которыми отделяется незаполненное место.

В данной статье предлагается контрольный перечень пунктов, которые следует учитывать при проектировании нового центра обработки данных или помещения для сетевого оборудования. Этот перечень также можно использовать для проверки существующего центра обработки данных или помещения для сетевого оборудования. При соблюдении этих указаний можно существенно уменьшить перегрев, вызванный рециркуляцией, и повысить эффективность системы кондиционирования воздуха.

### Об авторе

**Нил Расмуссен** - один из основателей и технический директор компании American Power Conversion (APC). В APC Нил распоряжается самым крупным бюджетом для научно-исследовательских работ, направленных на изучение инфраструктуры энергоснабжения, охлаждения и стоек для критически важных сетей. Главные центры разработки продукции находятся в Массачусетсе, Миссури, Дании, Род-Айленде, Тайване и Ирландии. В настоящее время Нил направляет усилия APC на разработку модульных решений для центров обработки данных с возможностью наращивания.

Перед основанием APC в 1981 г. Нил получил степень бакалавра и магистра по электротехнике в Массачусетском технологическом институте, где он защитил диссертацию по анализу 200 МВт станции для Токамакского ядерного реактора. С 1979 по 1981 гг. он работал в лаборатории Линкольна в Массачусетском технологическом институте над системами с маховиковыми накопителями энергии и системами использования солнечной энергии.

## Приложение А. Описание экспериментальных условий

Цель эксперимента - создание условий окружающей среды, идентичных тем, что существуют в реальном центре обработки данных. Эксперимент проводился с одной стойкой, в которой использовалось тридцать имитаторов серверов, каждый из которых занимал один отсек (1U). Каждый имитатор сервера в отсеке содержал реальное шасси сервера для одного отсека, включая блок питания и вентиляторы, однако системная плата с центральным процессором была заменена активной (резистивной) нагрузкой. Каждая имитированная нагрузка сервера была рассчитана на потребление 150 Вт. Тридцать имитаторов сервера были установлены в шкафу 42U APC NetShelter VX глубиной 1067 мм (42 дюйма). Суммарная нагрузка составляла 4,5 кВт. Имитаторы сервера были установлены таким образом, чтобы получилось единое пространство из 11 отсеков примерно посередине шкафа. Температура на входе измерялась в каждом 7<sup>ом</sup> блоке, начиная со 2<sup>го</sup> и заканчивая 41<sup>ым</sup> блоком.

Чтобы смоделировать присутствие экспериментальной стоки в ряду стоек, предполагалось, что все стойки в ряду одинаковы, а экспериментальная стойка находится примерно в середине длинного ряда. За источник воздуха принята унифицированная линия из перфорированных плиток фальшпола перед стойкой. В данном случае все горизонтальные векторы перепадов воздушного давления между смежными стойками почти не учитывались, и поперечное движение воздуха между стойками принималось как значение, близкое к нулю. Более того, предполагалось, что стойки установлены рядами с перемежающимися зонами нагретого и охлажденного воздуха.

Поэтому перепады воздушного давления между смежными рядами почти не учитывались, и поперечное движение воздуха между рядами (перпендикулярно средней линии между рядами) принималось как значение, близкое к нулю. Чтобы имитировать вышеописанные условия центра обработки данных в лаборатории с одной стойкой, перегородки были размещены так, как показано на **Рис. А1**. Перегородки уравнивали перепады воздушного давления, что исключало необходимость реальной установки и эксплуатации большого числа стоек.

Температура воздуха на входе в сервер измерялась регистратором данных Agilent 34970A с термопарами типа "Т" (паспортная точность +/- 1,0 °С). Термопары были установлены в 2 дюймах от передней решетки забора воздуха. Температура объема воздуха измерялась возле впускного и выпускного отверстий перегородки, как показано на **Рис. А1**.

**Рис. А1** - Экспериментальная установка

Во время эксперимента температура атмосферного воздуха на входе равнялась 21 °С. Температура отработанного воздуха во время эксперимента равнялась 35 °С.

