

# Прохождение потока воздуха через перфорированные двери

Факты о прохождении потока воздуха через перфорированные двери .....	1
Краткое содержание .....	1
Введение .....	1
Оценка потока воздуха, необходимого для отвода тепла .....	2
Влияние перфорированных дверей на поток воздуха .....	3
Данные Ассоциации Производителей Промышленных Перфораторов .....	3
Расчеты перепадов давления .....	6
Экспериментальное тестирование .....	8
Выводы .....	9

## Краткое содержание

Этот экспертный обзор исследует факты об эффективности перфорированных дверей в плане процентного соотношения площади перфорированных отверстий и пропускаемых потоков воздуха. Используя данные Ассоциации Производителей Промышленных Перфораторов, расчета тепловых потоков и внутреннего тестирования в Rittal будет показано, что большая площадь перфорированных отверстий в дверях серверных монтажных шкафов по существу не создает лучшей циркуляции воздуха, и что 63% перфорации более чем достаточно для циркуляции воздуха, обеспечивая при этом прочность, целостность и безопасность монтажного шкафа.

### **Введение**

Так как тепловыделение в ЦОД (центры обработки данных) непрерывно растет, обслуживающему персоналу ничего не остается, как пытаться максимально улучшить теплоотвод в существующих помещениях. Поскольку большинство информационных центров работает с внешним оборудованием для охлаждения воздуха, ограничения этой структуры быстро становятся самым узким местом при возрастающей плотности установки компонентов. Для решения этих проблем используется много новых продуктов и технологий, включая системы зонирования потоков воздуха (холодные и горячие зоны), перфорированные плитки настила пола (фальшпол), усовершенствованные лотки для прокладки кабеля, и т.д. Все они разработаны, чтобы улучшить циркуляцию воздуха, разделение потоков холодного и горячего воздуха, увеличить возможности теплоотвода, и двигаться к достижению двух критических задач – энергосбережению и экономии денег. Эти улучшения действительно могут произвести эффект, однако, один момент все еще является предметом полемики — это перфорированные двери, установленные на серверных монтажных шкафах, или точнее, циркуляция потока воздуха через эти двери и любые ограничения, непосредственно связанные с площадью поверхности перфорации.

Были большие дебаты по проценту перфорации, требуемому для максимального прохождения воздуха через дверь. Существуют мнение, что «чем больше, тем лучше» и рекомендуются двери с более чем 80%-ой перфорацией поверхности. С первого взгляда это кажется имеющим смысл: больше поверхность отверстий = больше поток воздуха = больше отвод тепла. Очевидная цель - удаление горячего воздуха от задней стенки шкафа, что непосредственно связано с количеством холодного воздуха, поступающего через переднюю дверь. Так является ли более перфорированная поверхность лучшей? Этот обзор использует открытую информацию от Ассоциации Производителей Промышленных Перфораторов, расчетную оценку перепада давления и результаты непосредственного измерения потоков воздуха, чтобы решить вопрос влияния процента перфорации дверей на воздушный поток.

## **Оценка потока воздуха, необходимого для отвода тепла**

Начнём с оценки потока (объемного расхода) воздуха, требуемого при различных тепловых нагрузках. Результаты показаны в Таблице 1, приведенной ниже, которая показывает необходимый поток воздуха для отвода определенного количества тепла из монтажного шкафа. Тепловая нагрузка дана в киловаттах (кВт), а поток воздуха в кубических футах\* в минуту (куб. фут/мин).

**Таблица 1**

Тепловая нагрузка (кВт)	Входящий поток воздуха (куб. фут/мин)
20	2500
16	2000
12	1500
8	1000
4	500

Вышеприведенная оценка – это поток воздуха на входе в систему, который требуется для отвода тепла, чтобы поддерживать необходимую рабочую температуру системы. Так как плотность воздуха уменьшается с ростом температуры, то поток воздуха на выходе несколько увеличивается. Эти расчеты также показаны в Приложении 1, и результаты приводятся в Таблице 2 ниже. Тепловая нагрузка задана в киловаттах (кВт), а поток воздуха в кубических футах в минуту (куб. фут/мин).

Таблица 2

Теплоемкость (кВт)	Поток воздуха на выходе (куб. фут/мин)
20	2630
16	2100
12	1580
8	1050
4	530

\*Фут - мера длины в Британской системе измерений, 1 фут равняется 0,3048 метра.

### **Влияние перфорированных дверей на поток воздуха**

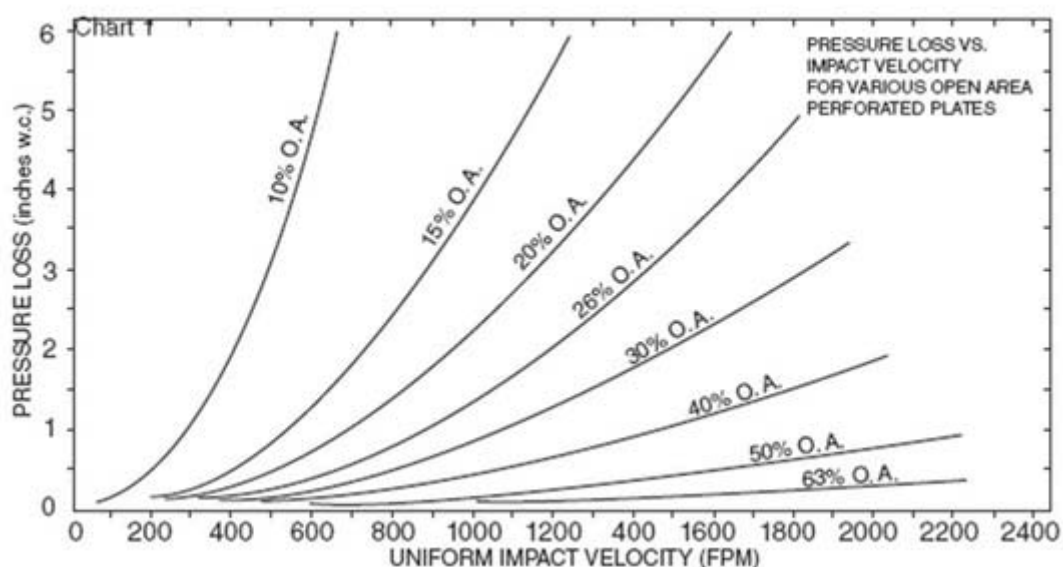
Здесь мы исследуем вопрос, насколько перфорированные двери препятствуют прохождению воздуха. Установка дверей в шкаф улучшает внешний вид и безопасность, но создает понятное препятствие для прохождения потока охлаждающего воздуха. Мы исследуем фактическую величину препятствия 3-мя способами: через опубликованные данные Ассоциации Производителей Промышленных Перфораторов, через оценки расчета отвода тепла и через экспериментальное тестирование.

### **Данные Ассоциации Производителей Промышленных Перфораторов**

Далее следует график, опубликованный в «Справочнике Проектировщика, Заказчика и Покупателя по Перфорированным Металлам», Ассоциация Производителей Промышленных Перфораторов (IPA), 1993. Этот график предоставляет информацию о перепаде или падении давления при прохождении потока воздуха через перфорированную металлическую стенку (давление дано в дюймах\*\* водяного столба) в зависимости от нормальной к поверхности скорости воздушного потока (в футах в минуту fpm) при различном проценте перфорации тонких металлических пластин. Нет никаких

специфических особенностей для типа, размера, или распределения отверстий. Единица измерения давления - дюймы водяного столба - часто используется, когда измеряемое давление низко. Чтобы проиллюстрировать это, если мы преобразуем 32 фунта на квадратный дюйм (PSI) (типичное давление для автомобильной шины) к дюймам водяного столба, мы получим 882.6 дюйма водяного столба – давление, которое намного выше, чем то, что показано в графике Ассоциации Производителей Промышленных Перфораторов (IPA).

График 1



\*\*дюйм - мера длины в Британской системе измерений, 1 дюйм равняется 1/12 фута или 2,54 см.

Изучая График 1, приведенный выше, можно увидеть значительное снижение падения давления с увеличением процента перфорации. Кроме того, нет данных по падению давления для процента перфорации свыше 63%, но, как можно увидеть, при 63%-ой перфорации падение давления весьма мало при низких скоростях и возрастает до приблизительно 1/2 дюйма водяного столба выше 2200 футов в минуту. 1/2 дюйма водяного столба преобразовывается в 0.018 фунта на квадратный дюйм (PSI), это очень низкий перепад давления. Можно также отметить, что форма некоторых кривых близка к параболической.

Чтобы использовать этот график, мы должны вычислить скорость потока воздуха через наши перфорированные двери. Так как наш стандартный процент перфорации составляет

64.3%, то кривая 63%-ой перфорации должна дать нам пессимистичную оценку падения давления.

С целью вычисления скорости потока и перепада давления на перфорированных дверях были выбраны 2 типа размеров стоек: серверная стойка Rittal TS 42U шириной 600 мм и серверная стойка Rittal PS 52U также шириной 600 мм. Результаты показаны в Таблицах 3 и 4, приведенных ниже. Тепловая нагрузка задана в киловаттах (кВт), и скорость прохождения воздуха в футах в минуту (фут/мин, fpm).

**Таблица 3 - Rittal TS 42Ux600мм**

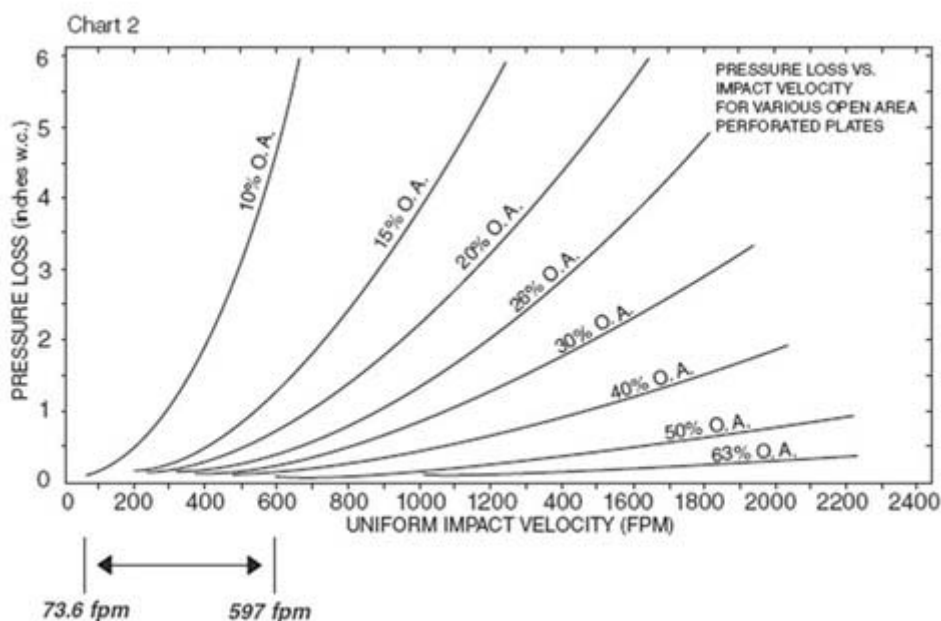
Тепловая нагрузка (кВт)	Скорость входящего воздуха (фут/мин, fpm)	Скорость исходящего воздуха (фут/мин, fpm)
20	454	597
16	362	476
12	273	361
8	181	236
4	924	120

**Таблица 4 - Rittal PS 52Ux600мм**

Тепловая нагрузка (кВт)	Скорость входящего воздуха (фут/мин, fpm)	Скорость исходящего воздуха (фут/мин, fpm)
20	362	587
16	288	468
12	218	355
8	144	232
4	73,6	118

Сразу видно, что скорость исходящего потока воздуха выше, чем скорость входящего потока воздуха из-за того, что площадь перфорации на задних дверях меньше, а температура воздуха выше. Это могло бы создать заметно большее падение давления на задней стенке. Диапазон скоростей воздушных потоков, выделенный жирным курсивом в Таблицах 3 и 4, был добавлен в График 1, чтобы составить График 2. Скорости, показанные на Графике 2, настолько низки, что не могут даже располагаться рядом с данными, отображенными на графике для металла с 63%-ой перфорацией. Падение давления очень незначительно, его даже нельзя измерить без использования микроманометра.

## График 2



## Расчеты перепадов давления

Оценки перепада или падения давления на циркуляцию были рассчитаны для исходящего потока воздуха. Результаты показаны в Таблицах 5 и 6, приведенных ниже. Тепловая нагрузка выражена в киловаттах (кВт), скорость потока воздуха в футах в минуту (фут/мин, fpm) и падение давления в дюймах водного столба (inches w.c.).

**Таблица 5** - Rittal TS 42Ux600мм

Тепловая нагрузка (кВт)	Скорость исходящего потока (фут/мин)	Верхняя граница перепада давления (inches w.c.)	Нижняя граница перепада давления (inches w.c.)
20	587	.055	.024
16	468	.035	.017
12	355	.020	.0095
8	232	.0088	.0041
4	118	.0023	.0011

**Таблица 6** - Rittal PS 52Ux600мм

Тепловая нагрузка (кВт)	Скорость исходящего потока (фут/мин)	Верхняя граница перепада давления (inches w.c.)	Нижняя граница перепада давления (inches w.c.)
20	597	.054	.025
16	476	.034	.016
12	361	.019	.0093
8	236	.0085	.0039
4	120	.0022	.0010

Расчетные величины чрезвычайно малы и сопоставимы с опубликованными данными Ассоциации Производителей Промышленных Перфораторов (ИРА). Если учитывать, что обычные крыльчатые вентиляторы, используемые для циркуляции воздуха в оборудовании, создают перепад давления приблизительно .2-.4 дюймов водного столба, снижение давления получается приблизительно на 1/8 или меньше от возможности вентиляторов, что незначительно, по сравнению с падением давления на других элементах охлаждаемой системе.

## Экспериментальное тестирование

Последний метод, задействованный, чтобы оценить уменьшение циркуляции воздуха из-за препятствия, созданного перфорированными дверями, заключался в установке измерительного оборудования для непосредственного измерения скорости потока воздуха, создаваемого вентилятором, путем измерения потока воздуха (с использованием обычного переносного флюгерного анемометра) с нагревом воздуха и без, а также с открытой и закрытой задней перфорированной двустворчатой дверью шкафа.

Результаты показаны в Таблицах 7 и 8, приведенных ниже.

**Таблица 7**

Тепловая нагрузка (кВт)	Задние перфорированные створки открыты/закрыты	Поток воздуха (куб. фут/мин, cfm)
0	Закрыты	544
0	Открыты	552
0	Закрыты	559
0	Открыты	562



**Таблица 8**

Тепловая нагрузка (кВт)	Задние перфорированные створки открыты/ закрыты	Поток воздуха (куб. фут/мин, cfm)
3.08	Закрыты	560
3.08	Открыты	563
3.01	Закрыты	563
3.01	Открыты	561

## **Выводы**

Результаты этих исследований показывают, что если и есть эффект уменьшения потока воздуха из-за уменьшения процента перфорации дверей на серверной стойке, создающий сопротивление воздушному потоку, то этот эффект очень маленький.

В то время как полученные результаты могут казаться парадоксальными по отношению к тому, что можно было бы ожидать, высокий процент перфорации и большая доля области перфорации в совокупности с относительно небольшим потоком воздуха и, соответственно, низкими скоростями движения, создают пренебрежимо малое сопротивление потоку. Надо признать, что эти результаты были получены в предположение о равномерном распределении потока по поверхности. Локальные эффекты могут иметь место, но чтобы оказывать значимое воздействие, локальные скорости должны будут быть в 3 или 4 раза больше чем имеющиеся максимальные скорости на сегодняшний день. Что является более существенным для охлаждения, так это подача достаточного для охлаждения объема воздуха в самой серверной комнате, приток которого (необходимой температуры) обеспечивается кондиционерами, к каждому серверному шкафу, и уменьшение стратификации потоков холодного воздуха в серверной комнате со стороны приточных отверстий.

Основываясь на данных тестирования, содержащихся в этом экспертном обзоре, становится, очевидно, что процент перфорации дверей выше 63-64% не добавляет никаких преимуществ в отношении циркуляции воздуха или эффективности охлаждения.

## **Об Авторе**

Кейт Стикли (Keith Stickley) занимает должность Менеджера Проектирования Конструкций и работает в Rittal с 2006 года. Кейт имеет степени Бакалавра и Магистра Наук по Проектированию Государственного Университета Огайо. Его исключительные знания в циркуляции потоков воздуха и перфорированных материалах приобретены из опыта проектирования машинных установок, полученного при его прошлой работе.

По материалам [www.rittal-corp.com](http://www.rittal-corp.com), [www.engineeringtoolbox.com](http://www.engineeringtoolbox.com)