

# Расчет технических требований для общего охлаждения в центрах обработки данных

Нил Расмуссен

Информационная  
статья № 25

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

## Краткий обзор

В настоящем документе описывается, как примерно рассчитать тепловыделение IT оборудования и других устройств, используемых в центре обработки данных, например ИБП, с целью определения производительности систем кондиционирования воздуха. Кроме того, приводятся общие коэффициенты пересчета и советы по проектированию.

## Введение

Любое электрическое оборудование вырабатывает тепло, которое должно отводиться во избежание повышения температуры до недопустимого уровня. Большая часть IT оборудования и другое оборудование, установленное в центре обработки данных или помещении для сетевого оборудования, охлаждается воздушным потоком. Оценка требуемой производительности системы охлаждения требует знания объемов тепла, вырабатываемого оборудованием, которое находится в закрытом помещении, наряду с теплом, вырабатываемым другими традиционно используемыми тепловыми источниками.

## Измерение теплоотдачи

Тепло - это энергия, которая обычно выражается в джоулях, британских тепловых единицах (БТЕ), тоннах или калориях. К обычным мерам измерения величины теплоотдачи для оборудования относятся БТЕ в час, тонны в день и джоули в секунду (джоули в секунду приравниваются к ваттам). Не существует неопровержимых доводов, почему все эти различные единицы измерения используются для выражения одного и того же продукта, однако любую из них можно использовать для выражения мощности и охлаждающей способности. Смешанное использование этих единиц измерения вызывает замешательство у пользователей. К счастью, в мире среди организаций, устанавливающих стандарты, существует тенденция, направленная на приведение всех единиц измерения мощности и охлаждающей способности к общему стандарту, т.е. к ваттам. Устаревшие термины "БТЕ" и "тонны" постепенно выйдут из употребления.<sup>1</sup> По этой причине в настоящем документе величины, относящиеся к охлаждению и мощности, будут рассматриваться в ваттах. Использование ватта в качестве общего стандарта удобно, потому что это упрощает работу, связанную с проектированием центров обработки данных, как будет показано ниже.

В Северной Америке спецификации для мощности и охлаждающей способности до сих пор выражаются традиционными терминами "БТЕ" и "тонны". В связи с этим приведенные ниже переводы единиц могут оказаться полезными для читателя:

Значение, указанное в единицах	Умножить на	Чтобы получить
БТЕ в час	0,293	Ватт
Ватт	3,41	БТЕ в час
Тонны	3,530	Ватт
Ватт	0,000283	Тонны

<sup>1</sup> Термин "тонны" относится к охлаждающей способности льда и является реликтом периода 1870-1930 гг., когда способность охлаждения и кондиционирования воздуха, выражалась в ежедневных поставках блоков льда.

Мощность, передаваемая вычислительными устройствами или другим оборудованием информационной технологии по линиям данных, не принимается в расчет. Поэтому мощность, потребляемая от сети переменного тока, по существу вся преобразуется в тепло. Этот факт позволяет просто приравнять теплопроизводительность оборудования ИТ в ваттах к потребляемой мощности в ваттах. Единица "БТЕ в час", иногда используемая в технической документации, не обязательна при определении теплопроизводительности оборудования. Теплопроизводительность - это попросту то же самое, что потребляемая мощность.<sup>2</sup>

## Определение теплоотдачи всей системы

Общая теплоотдача системы является суммой значений теплоотдачи компонентов. Полная система включает в себя оборудование ИТ, а также другие элементы: ИБП, устройства распределения электропитания, устройства кондиционирования воздуха, освещение и персонал. К счастью, величину теплоотдачи этих элементов можно легко определить с помощью простых и стандартных правил.

Теплоотдача от ИБП и систем распределения электропитания состоит из постоянной составляющей потерь, а также потерь, пропорциональных рабочей мощности. Эти потери являются достаточно постоянными для всех марок и моделей оборудования, и поэтому их можно аппроксимировать без существенных погрешностей. Освещение и персонал можно также легко оценить, используя стандартные значения. Единственными данными, которые необходимы для определения нагрузки систем охлаждения, являются некоторые доступные значения, например площадь помещения в квадратных метрах и номинальная электрическая мощность систем.

Устройства кондиционирования воздуха производят значительное количество тепла, вырабатываемого вентиляторами и компрессорами. Это тепло выводится наружу, и внутри центра обработки данных не создается тепловая нагрузка. Тем не менее, это уменьшает эффективность системы кондиционирования воздуха и обычно принимается в расчет при определении ее мощности.

Подробный тепловой анализ, в котором используются данные теплопроизводительности для каждого элемента в центре обработки данных, возможен, но быстрая оценка с применением простых правил дает результаты, которые ограничены рамками типичного предела погрешности более сложного анализа. Быстрая оценка также обладает тем преимуществом, что ее может выполнить любой специалист, получивший специализированные знания или прошедший обучение.

Технологическая карта, которая позволяет выполнить быстрый расчет тепловой нагрузки, приводится в Таблице 1. С ее помощью можно быстро и надежно определить общую теплоотдачу центра обработки данных. Использование технологической карты описано в процедуре, которая приводится под Таблицей 1.

---

<sup>2</sup> Примечание. Единственным исключением из этого правила являются маршрутизаторы, используемые в технологии Voice Over IP (VOIP). В этих устройствах до 30% потребляемой устройством мощности может передаваться на удаленные оконечные устройства, поэтому их тепловая нагрузка может быть ниже потребляемой ими электрической мощности. Если предположить, что вся электрическая мощность рассеивается локально как есть, такое предположение будет небольшим преувеличением по отношению к теплоотдаче маршрутизаторов VOIP, что в большинстве случаев является несущественной ошибкой. ©American Power Conversion, 2003. Все права защищены. Никакая часть настоящей публикации не может использоваться, воспроизводиться, копироваться, передаваться или храниться в каких бы то ни было информационно-поисковых системах без письменного разрешения владельца авторских прав. [www.apc.com](http://www.apc.com) Изд. 2003-1

**Таблица 1 - Технологическая карта для расчета теплоотдачи в центре обработки данных или помещении для сетевого оборудования**

Обозначение	Необходимые данные	Расчет теплоотдачи	Промежуточная сумма теплоотдачи
Оборудование ИТ	Общая полезная выходная мощность ИТ в ваттах	Такая же, как общая полезная выходная мощность ИТ в ваттах	_____ ватт
ИБП с батарей	Номинальная мощность энергосистемы в ваттах	(0,04 x Номинальное значение энергосистемы) + (0,06 x Общая полезная выходная мощность ИТ)	_____ ватт
Распределение электропитания	Номинальная мощность энергосистемы в ваттах	(0,02 x Номинальное значение энергосистемы) + (0,02 x Общая полезная выходная мощность ИТ)	_____ ватт
Освещение	Площадь помещения в квадратных футах или Площадь помещения в квадратных метрах	2,0 x площадь помещения (кв. футы) или 21,53 x площадь помещения (кв. м)	_____ ватт
Пользователи	Макс. число единиц персонала в центре обработки данных	100 x Макс. число единиц персонала	_____ ватт
Итого	Вышеуказанные промежуточные суммы	Общая сумма промежуточных сумм теплоотдачи	_____ ватт

## Процедура

Возьмите необходимые данные в столбце “Необходимые данные”. Если возникнут вопросы, обратитесь к определению данных ниже. Произведите расчеты теплоотдачи и поместите результаты в столбец промежуточной суммы. Сложите промежуточные суммы для получения общей теплоотдачи.

## Определения данных

**Общая полезная выходная мощность ИТ в ваттах** - сумма потребляемых мощностей всего оборудования ИТ.

**Номинальная мощность энергосистемы** - номинальная мощность системы ИБП. Если используется система резервирования, не учитывайте мощность резервных ИБП.

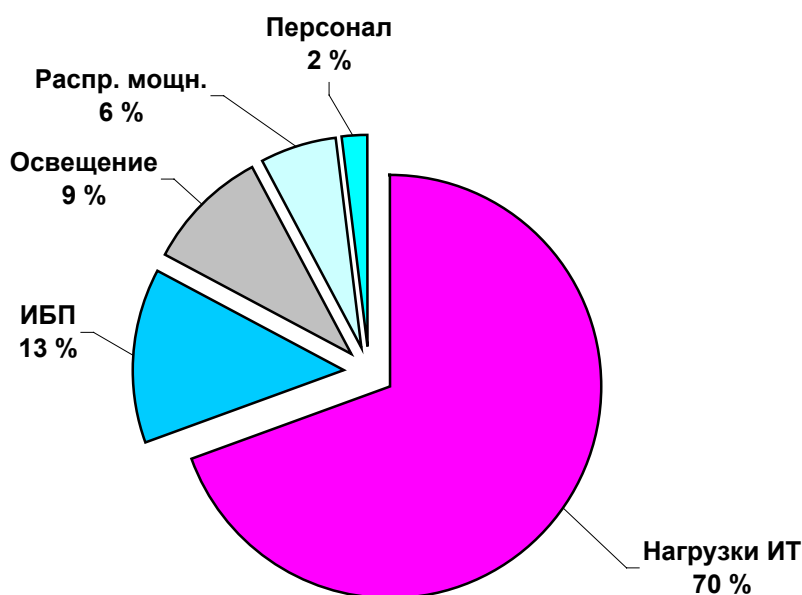
## Пример типичной системы

Рассмотрим тепловыделение типичной системы. В качестве примера используется центр обработки данных площадью 5 000 фут<sup>2</sup> (465 м<sup>2</sup>), номинальной мощностью 250 кВт, со 150 стойками и персоналом, не превышающим 20 единиц. В этом примере предполагается, что центр обработки данных загружен на 30% его мощности, что является обычным явлением. Для рассмотрения типичного использования см. информационную

статью APC № 37 “Рационализация инфраструктуры центра обработки данных”. Общая нагрузка ИТ центра обработки данных в этом случае составит 30% от 250 кВт или 75 кВт. При таком условии общая теплопроизводительность центра обработки данных равна 108 кВт или примерно на 50% больше, чем нагрузка ИТ.

В типичном примере относительный вклад разных типов элементов в центре обработки данных в общую теплопроизводительность показан на рис. 1.

**Рис. 1 - Относительные факторы участия в общей теплопроизводительности типичного центра обработки данных**



Обратите внимание на то, что факторы участия в общей теплопроизводительности ИБП и устройств распределения электропитания усилены тем обстоятельством, что система работает только на 30% мощности. Если бы система работала на 100% мощности, производительность энергосистем была бы увеличена, а их относительные факторы участия в теплопроизводительности были бы уменьшены. Существенная потеря производительности - это реальная цена за увеличение резервных мощностей системы.

## Другие тепловые источники

В предварительном анализе не придается значение таким тепловым источникам окружающей среды, как солнечный свет, пропускаемый окнами, и кондуктивная теплопроводность внешних стен. Во многих небольших центрах обработки данных и помещениях для сетевого оборудования нет стен или окон, выходящих наружу,

поэтому, если это условие верно, в данном примере не должно быть ошибки. Однако если речь идет о крупных центрах обработки данных со стенами или крышей, не защищенными от внешней среды, в центр обработки данных проникает дополнительное тепло, которое должно выводиться системой кондиционирования воздуха.

Если зал обработки данных расположен в пределах зоны с кондиционированным воздухом, другими тепловыми источниками можно пренебречь. Если стены или потолки центра обработки данных преимущественно открыты для внешней среды, специалист по отоплению, вентиляции и кондиционированию воздуха должен оценить максимальную тепловую нагрузку, и она должна быть учтена в требовании к отводу тепла для всей системы, определенной в предыдущем разделе.

## Увлажнение

Кроме вывода тепла, система кондиционирования воздуха центра обработки данных должна также контролировать влажность. В идеальных условиях при достижении необходимой влажности система работает с постоянным количеством влаги в воздухе, и последующее увлажнение не требуется. К сожалению, во многих системах кондиционирования воздуха функция воздушного охлаждения приводит к значительной конденсации водяных паров и последующей потере влажности. Поэтому для поддержания необходимого уровня влажности требуется дополнительное увлажнение.

При дополнительном увлажнении создается дополнительная тепловая нагрузка в блоке кондиционирования воздуха компьютерного зала (КВКЗ), существенно снижающая охлаждающую способность устройства, в результате чего требуется увеличение резервных мощностей системы.

В небольших залах обработки данных или больших кабельных шкафах система кондиционирования воздуха, которая не допускает перемешивания холодного и горячего воздуха, может создать условия, в которых не возникает конденсация, и поэтому длительное дополнительное увлажнение не требуется. Это позволяет на 100% использовать номинальную мощность кондиционирования воздуха и повышает производительность системы.

В крупных центрах обработки данных, где перемешиваются большие объемы воздуха, блок кондиционера должен подавать воздух с более низкой температурой, чтобы преодолеть влияние рециркуляции отработанного воздуха из нагретого оборудования. Также возможно попадание холодного воздуха напрямую в кондиционер. Это приводит к существенному влагопоглощению из воздуха и создает необходимость дополнительного увлажнения. При этом значительно снижаются эксплуатационные качества и производительность системы кондиционирования воздуха. В результате требуется увеличивать резервные мощности системы КВКЗ на 30%.

Таким образом, необходимое увеличение резервных мощностей блока КВКЗ варьируется от 0% (для небольшой системы с воздухопроводом для отвода отработанного воздуха) до 30% (для системы с высоким уровнем перемешивания воздуха в помещении). Дополнительные сведения об увлажнении можно найти в информационной статье APC № 58 “Humidification Strategies for Data Centers and Network Rooms” (Стратегии увлажнения для центров обработки данных и помещений для сетевого оборудования).

# Определение размеров систем кондиционирования воздуха

После того как требования по охлаждению определены, можно приступить к определению номиналов систем кондиционирования воздуха. Необходимо учесть следующие факторы, которые были описаны выше в настоящем документе.

Тепловыделение оборудования (включая силовое оборудование)

Тепло от стен и окон здания

Увеличение мощности с учетом эффектов увлажнения

Увеличение мощности для обеспечения избыточности

Резерв развития

## Выводы

Определение требований по охлаждению для систем ИТ можно сузить до простого процесса, чтобы его мог выполнить кто-либо без специального обучения. Процесс упрощается, если выразить все единицы измерения мощности и охлаждения в ваттах. Основное правило заключается в том, что номинальное значение системы кондиционирования воздуха компьютерного зала (КВКЗ) должно быть в 1,3 раза выше ожидаемого номинального значения нагрузки ИТ, включая любую нагрузку, добавленную для резерва. Этот подход можно успешно применять для небольших помещений с сетевым оборудованием, площадь которых не превышает 4 000 фут<sup>2</sup> (372 м<sup>2</sup>).

В более крупных центрах обработки данных, как правило, для выбора кондиционера воздуха недостаточно одних только требований по охлаждению. Обычно влияние других тепловых источников, таких как стены и крыша, наряду с рециркуляцией воздуха играет важную роль и должно быть исследовано для выполнения конкретной установки.

Конструкция трубопровода для кондиционирования воздуха или фальшпол значительно влияет на общую производительность системы, а также сильно влияет на постоянство температуры в центре обработки данных. Выбор простой, стандартизированной и модульной архитектуры распределения воздуха в сочетании с описанным простым методом оценки тепловой нагрузки позволяет значительно упростить создание технических требований для проектирования центра обработки данных.



## 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.