

Высокоэффективное косвенное воздушное охлаждение на основе экономайзера для центров обработки данных

Информационная статья 136

Редакция 2

Автор: Венди Торелл (Wendy Torell)

Сводная информация

Среди различных способов естественного охлаждения для центров обработки данных во многих случаях подача свежего воздуха определяется как самое энергоэффективное решение. Однако в данной статье мы рассмотрим, как косвенное охлаждение с экономайзером обеспечивает такую же или даже большую экономию, при этом исключая риски, возникающие при поступлении наружного воздуха напрямую в пространство ИТ-оборудования.

Введение

Помимо консолидации ИТ-оборудования наибольшую возможность для экономии энергии представляют системы охлаждения, которые во многих центрах обработки данных потребляют столько же или даже больше энергоресурсов, чем ИТ-нагрузка. Ключом к снижению энергопотребления системы охлаждения является работа в режиме экономизации (естественного охлаждения) при любом возможном случае. Когда система работает в режиме экономайзера, механические системы охлаждения, потребляющие большое количество электроэнергии, такие как компрессоры или чиллеры, могут выключаться, а для охлаждения центра обработки данных использоваться наружный воздух. Имеется два способа применения наружного воздуха для охлаждения центров обработки данных:

- подача напрямую в пространство размещения ИТ-оборудования; часто такой способ называют «прямой фрикулинг»
- использование наружного воздуха для косвенного охлаждения пространства размещения ИТ-оборудования

Плюсы и минусы каждого из них будут рассмотрены далее в статье. Второй метод внедряется несколькими способами, которые в основном различаются количеством теплообменов между внутренним и наружным воздухом. В информационной статье 132 [«Режимы экономайзеров систем охлаждения центров обработки данных»](#) сравниваются режимы экономайзеров, наиболее подходящие для центров обработки данных.

В данной статье будет рассмотрено, почему система охлаждения с указанными ниже принципами работы снижает потребление электроэнергии на 50 % и обеспечивает гибкость и расширяемость, необходимые для больших центров обработки данных.

Принцип 1: режим экономайзера (естественного охлаждения) является основным режимом работы

Принцип 2: внутренний воздух центра обработки данных защищен от внешних загрязнителей и колебаний избыточной влажности

Принцип 3: время разворачивания и настройки минимизировано

Принцип 4: охлаждающая способность масштабируется в работающем центре обработки данных

Принцип 5: во время технического обслуживания выполнение ИТ-операций не прерывается

Рисунок 1 иллюстрирует принцип охлаждения под названием «косвенное испарительное охлаждение», который отвечает этим пяти принципам.

Детальное представление прямого воздушного теплообменника

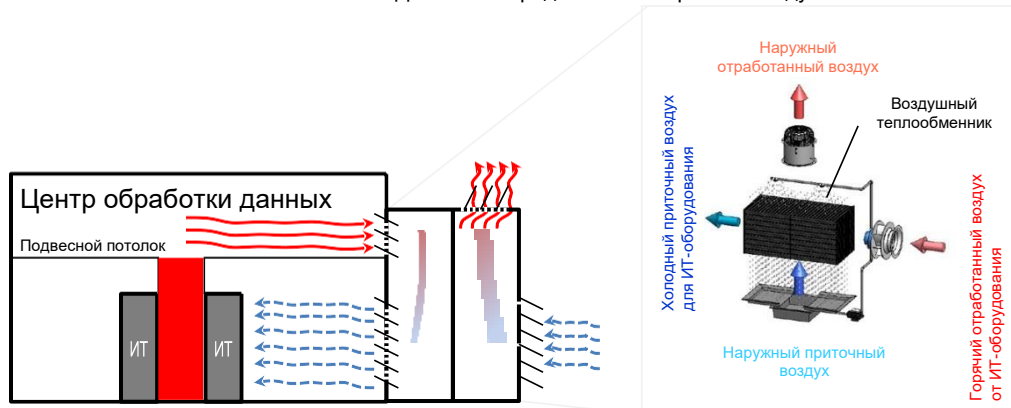


Рисунок 1

Принцип охлаждения на основе пяти ключевых принципов проектирования

Режим экономайзера как основной режим работы

Принцип охлаждения, иллюстрированный на **рисунке 1**, максимально увеличивает работу в режиме экономайзера (естественного охлаждения) через снижение количества теплообменов до одного с помощью непрямого воздушного теплообменника и испарительного охлаждения. Как альтернативный вариант, охлаждение может быть реализовано с помощью системы подачи свежего (прямого) воздуха, который полностью исключает теплообмены.

Внутренний воздух центра обработки данных защищен от внешних загрязнителей и колебаний избыточной влажности

Так как метод охлаждения, представленный на **рисунке 1**, косвенно охлаждает воздух, ИТ-пространство изолировано от внешних загрязнителей и резких колебаний температуры и влажности. В случае с системой прямой подачи (свежего) воздуха необходимо установить высококачественные фильтры для защиты от внешних загрязнителей, а система управления должна гарантировать переход установки в режимы резервного охлаждения, в случае резких изменения погоды за пределами допустимых значений для центра обработки данных. Другие архитектуры косвенного охлаждения, как описано в информационной статье 132 [«Режимы экономайзеров систем охлаждения центров обработки данных»](#) также обеспечивают данный принцип, но обычно без поддержания режима экономайзера в качестве основного режима работы (режим проектирования 1).

Время развертывания и настройки

Охлаждающая установка со встроенными предварительно запрограммированными элементами управления в стандартизированной автономной системе¹ предусматривает значительное снижение объема работ по монтажу и настройке системы охлаждения на объекте. Она также обеспечивает надежную, предсказуемую и эффективную работу. Так как индустрия центров обработки данных развивается в сторону стандартизированных решений и модулей (контейнеров), этот подход найдет применение в большинстве современных проектов. В информационной статье 113 [«Стандартизация и модульность в физической инфраструктуре центров обработки данных»](#) и информационной статье 163 [«Контейнеризованные модули питания и охлаждения для центров обработки данных»](#) подробно обсуждалось, как заводская сборка и интеграция снижают количество времени на местное конструирование и программирование.

Охлаждающая способность расширяется в работающем центре обработки данных

С динамическими нагрузками, характерными сегодня для большого количества центров обработки данных, особенно важно, чтобы инфраструктура охлаждения была способна расширяться в соответствии с нагрузками. Это может достигаться благодаря «модульности устройств», а также «модульности подсистемы», о чем сказано в информационной статье 160 [«Спецификация модульной архитектуры центров обработки данных»](#).

Во время технического обслуживания выполнение ИТ-операций не прерывается

Избыточность (за счет резервирования на уровне компонентов, за счет резервирования на уровне устройств либо за счет резервирования на уровне систем) может исключить отдельные точки отказа и создать отказоустойчивую структуру, обеспечивающую обслуживание без влияния на работу ИТ. Кроме того, система охлаждения, расположенная за пределами здания или на крыше, позволяет выполнять мероприятия по техническому обслуживанию за пределами ИТ-пространства, что снижает риск человеческой ошибки, которая может повлиять на работоспособность ИТ.

¹ Замкнутая охлаждающая установка является полноценной установкой, которая не зависит от других компонентов, предназначенных для охлаждения центров обработки данных.

Косвенная экономизация против экономизации через подачу прямого воздуха

Как было отмечено ранее, принцип работы № 2 «*Внутренний воздух центра обработки данных защищен от внешних загрязнителей и колебаний избыточной влажности*» может быть достигнут экономайзерами с прямым и косвенным охлаждением воздуха. Однако между этими подходами имеются ключевые отличия.

Использование свежего воздуха для прямого охлаждения центра обработки данных часто рассматривается как самый эффективный принцип работы охлаждения. В целом, сокращение количества теплообменов является наиболее выгодным в отношении количества часов режима экономизации и как результат повышенной эффективности. И так как системы с прямой подачей воздуха просто фильтруют наружный воздух, поступающий в ИТ-пространство, здесь нет потерь на промежуточных процессах теплообмена (несмотря на то, что фильтры требуют расхода дополнительной энергии от вентиляторов). Для центров обработки данных, допускающих обеспечение в ИТ-среде условий с широким диапазоном температур и влажности, такой подход часто является самым эффективным. Однако сегодня большинство менеджеров центров обработки данных стремятся избежать повышения температур и резких изменений температуры и влажности. С ростом плотности нагрузки, температуры охлаждающего воздуха и применением мер по локализации воздушных потоков растет обеспокоенность тем, что может произойти при отказе системы охлаждения. Когда пороговые значения температуры и влажности сохраняются в пределах значений, рекомендованных ASHRAE, экономайзеры с непрямым охлаждением по факту обеспечивают большую эффективность, чем прямая подача воздуха, во многих географических регионах.

Также по-прежнему открыты вопросы надежности из-за загрязняющих веществ, таких как пыль, химические вещества, выхлопные газы, зола и т. д. Химические датчики и фильтры могут помочь обеспечить защиту от этих веществ, но фильтры, возможно, потребуется часто проверять, так как засоренные фильтры могут препятствовать поступлению холодного воздуха, что может привести к перегреву. Также эти фильтры могут являться причиной дополнительных потерь давления в системе подачи воздуха, что повлечет потребность в большем количестве электроэнергии для перемещения того же объема воздуха.

Со временем, если надежность и устойчивость ИТ-оборудования продолжит улучшаться, и операторы центров обработки данных преодолеют психологический барьер в потребности в жестко контролируемой среде, применение систем с прямой подачей воздуха может стать более распространенным. В информационной статье 132 [«Режимы экономайзера систем охлаждения центров обработки данных»](#) обсуждались преимущества и недостатки систем охлаждения с прямой и косвенной подачей воздуха на основе экономайзера.

Система, которая предполагает пять принципов работы, описанных выше, является интегрированной системой охлаждения с тремя режимами работы.

- 1. Непрямой воздушный теплообмен: внутренний (нагретый ИТ оборудованием) поток воздуха охлаждается внешним (холодным) потоком через теплообменник.** Внутренний и наружный потоки воздуха не смешиваются.
- 2. Непрямой воздушный теплообмен с испарительным охлаждением:** когда внешний воздух недостаточно прохладный, испарительное охлаждение понижает температуру поверхности теплообменника посредством адиабатического охлаждения.
- 3. Непосредственное расширение (DX) или охлаждение холодной водой:** худший сценарий, когда воздух слишком горячий или слишком влажный, чтобы поддерживать заданное значение на входе в ИТ-оборудование, непосредственное испарение или охлаждение холодной водой дополняют каждый режим экономайзера.

Горячий воздух от ИТ-оборудования поступает в модуль, и охлаждается в одном или комбинации из перечисленных режимов. На основе нагрузки, установки температуры воздуха для ИТ-оборудования и условий внешней среды система автоматически выбирает наиболее эффективный режим работы. Непрямой воздушный теплообмен реализован через воздушный теплообменник для передачи тепловой энергии от более горячего воздуха центра данных в более прохладный наружный воздух. Когда используется испарительное охлаждение, вода распыляется на теплообменник для снижения температуры его поверхности. Этот режим работы позволяет центру обработки данных продолжить использование режима экономайзера, когда воздушный теплообменник уже не способен отвести все теплоизбытки.

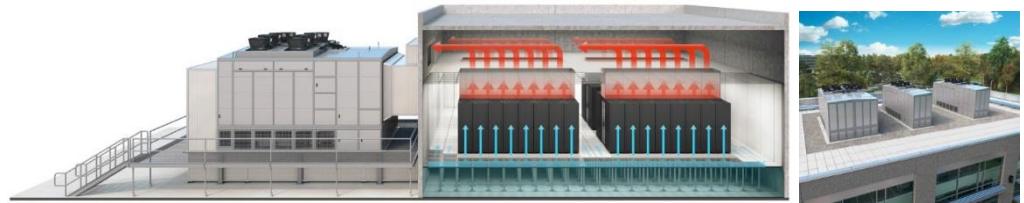
Усовершенствованный принцип охлаждения

Система пропорционального доохлаждения на основе CW или DX обеспечивает дополнительную охлаждающую способность, когда режим экономайзера (естественного и испарительного охлаждения) не может поддерживать заданное значение на входе в ИТ-оборудование.

На **рисунке 2** изображено применение этого принципа охлаждения в новом центре обработки данных². Модули охлаждения расположены за пределами помещения – они устанавливаются либо на бетонном основании, либо на крыше, если она обладает достаточной грузоподъемностью.

Рисунок 2

Пример размещения экономайзера (периметр здания и на поверхности крыши)



Повышение эффективности

С новыми директивами и локальным регулированием в отношении эффективности и экономии энергии, применение экономайзеров становится одним из основных аспектов при проектировании новых центров обработки данных. Для обеспечения максимально эффективного охлаждения в течение всего года охлаждающая установка должна использовать экономизацию в качестве основного режима работы, который максимально адаптирован к климатическим условиям. В то же время работа в режиме естественного охлаждения в традиционных схемах обычно воспринимается как «дополнение» к их первичной охлаждающей установке – для разгрузки установки механического охлаждения с высоким потреблением электроэнергии, когда это возможно. Пять факторов, которые в сочетании друг с другом существенно повышают эффективность системы охлаждения:

- минимальное количество теплообменов между наружным воздухом и приточным поступающим воздухом ИТ-оборудования;
- использование испарительного охлаждения;
- более широкий диапазон приемлемых установочных значений температуры и влажности для ИТ-оборудования;
- эффективные компоненты;
- элементы управления, запрограммированные на заводе.

Влияние количества теплообменов на экономизацию

Чем больше процессов «передачи тепла», тем меньше количество часов в режиме естественного охлаждения. На **рисунке 3** сравниваются процессы передачи тепла в системе традиционной архитектуры на охлажденной воде с пластинчатым теплообменником и системы с непрямым воздушным теплообменником. В режиме естественного охлаждения для традиционной схемы выполняется три стадии теплообмена – градирня, пластинчатый теплообменник и внутренний блок, в то время как схема охлаждения с воздушным теплообменником имеет только одну стадию теплообмена.

² Примеры иллюстрируют модули охлаждения Ecoflair от Schneider Electric.

Рисунок 3

Архитектура охлаждения влияет на количество часов в режиме экономизации

Вверху – традиционная установка с холодной водой (3 стадии теплообмена)

Внизу – интегрированная система (1 теплообмен)

Вводные: 100 % нагрузка, Сент-Луис, Миссури, США



> Средняя совпадающая температура по мокрому термометру

Средняя совпадающая температура по мокрому термометру (MCWB) – это среднее значение температуры, указанной по мокрому термометру, одновременно с температурой по сухому термометру (DB).

Как показано на **рисунке 3**, чтобы получить температуру 21,1 °C на входе в ИТ-оборудование при 100% нагрузке и работе экономизации (естественном охлаждении), для традиционной схемы необходима наружная температура по сухому термометру 6,5 °C или ниже и средняя эквивалентная температура по мокрому термометру 4,2 °C или выше.

Однако прямой воздушный теплообменник может достичь такой же температуры на входе в ИТ-оборудование при полной работе экономайзера при внешней температуре до 15,25 °C и средней эквивалентной температуре по мокрому термометру 12 °C. Это означает, что имеются дополнительные 16 градусов по Фаренгейту, при которых может работать режим экономайзера. Для Сент-Луиса в штате Миссури эти дополнительные 16 градусов – это дополнительные 1975 часов или 23 % года.

Испарительное охлаждение

Испарительное охлаждение – еще одна полезная характеристика высокоэффективных модулей охлаждения, так как она увеличивает использование режима экономизации (естественного охлаждения) для многих географических регионов, особенно с жарким сухим климатом. Преимущество в снижении потребления электроэнергии от испарительного охлаждения увеличивается, так как увеличивается температурная разница между температурой окружающей среды по сухому и влажному термометру.

На **рисунке 4** показано, как испарительное охлаждение может быть внедрено в воздушный теплообменник. В режиме испарительного охлаждения вода равномерно распыляется по наружной стороне теплообменника. Под воздействием разницы температур теплообменника и продуваемого наружного воздуха происходит процесс испарения распыленной влаги, что позволяет снизить температуру теплообменника и как результат повысить охлаждающую способность установки.

Рисунок 4

Испарительное охлаждение в высокоэффективном модуле охлаждения

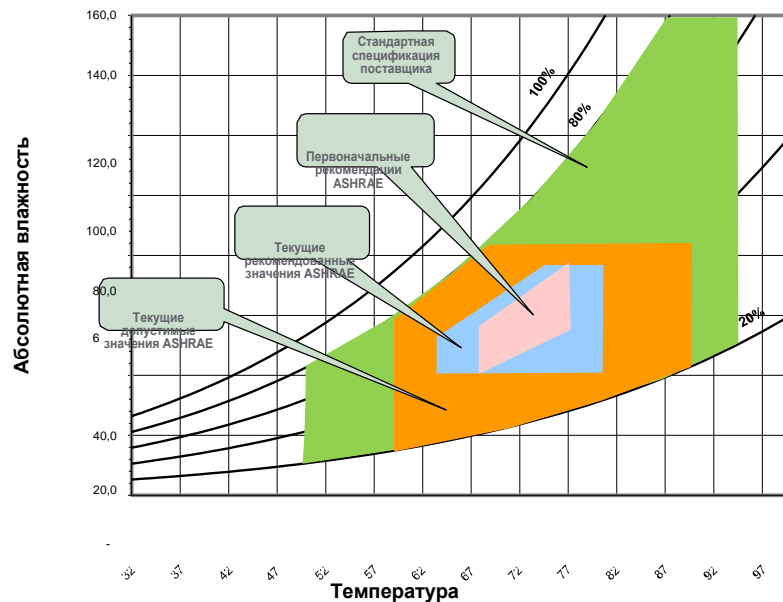


Влияние рабочей среды ИТ-оборудования на экономизацию

Сегодня в большинстве центров обработки данных средняя температура на входе в ИТ-оборудование составляет 18–21 °С. Многие операторы центра обработки данных настроены очень консервативно в отношении того, какую температуру и влажность в их ИТ-залах они считают приемлемыми, потому что они уверены, что необходимо обеспечить надежную работу и исключить преждевременный отказ ИТ-оборудования. Вопреки этому общество ASHRAE TC9.9 недавно опубликовало «Температурные нормативы для сред обработки данных 2011»⁴, в которых рекомендуются более широкие значения температуры и влажности рабочей среды, а поставщики ИТ-оборудования и услуг указали еще более широкий приемлемый диапазон рабочих режимов. На **рисунке 5** представлено сравнение первоначальных рекомендованных рабочих границ ASHRAE, новых рекомендованных и допустимых и стандартных значений в спецификациях поставщика.

Рисунок 5

Расширяемая рабочая среда



Горизонтальная ось представляет диапазон температур, вертикальная ось – диапазон влажности. Чем больше диапазон приемлемых условий, определенных для ИТ-оборудования в центре обработки данных, тем больше количество часов, в течение которых система охлаждения может работать в режиме экономайзера.

С учетом этих же исходных предположений из сравнения, представленного на **рисунке 3**, учитывайте влияние температуры на входе в ИТ-оборудование при традиционной схеме установки охлаждения.

⁴ <http://tc99.ashraetcs.org/documents/ASHRAE%20Whitepaper%20-%202011%20Thermal%20Guidelines%20for%20Data%20Processing%20Environments.pdf>, доступно с 22 июня 2011 г.

В **таблице 1** представлена информация об увеличении количества часов экономизации при увеличении температуры на входе в ИТ-оборудование, до предельного значения, рекомендованного ASHRAE.

Таблица 1

Влияние увеличения температуры на входе в ИТ-оборудование при использовании традиционной системы охлаждения (3 теплообмена)

Температура воздуха на входе в ИТ-оборудование	Максимальная наружная температура воздуха	Полное количество часов экономайзера	% года при полной работе экономайзера
21,1 °C	Сухой термометр: 6,5 °C – совпадающая температура по мокрому термометру: 4,2 °C	2419	28 %
27 °C	Сухой термометр: 13,7 °C – совпадающая температура по мокрому термометру: 10,6 °C	4070	47 %

В **таблице 2** представлена информация об увеличении количества часов экономизации за счет увеличения температуры на входе в ИТ-оборудование, до предельного значения, рекомендованного ASHRAE, для высокоэффективных интегрированных систем (экономайзеров). Количество часов работы в режиме экономизации (естественного охлаждения) увеличивается значительно, до 72 % всего года. **Постепенно отношение операторов центров обработки данных к этому вопросу меняется, работа режима экономайзера может стать первичным режимом работы вместо «резервного» режима.** Имейте в виду, что диапазон рабочих температур и влажности продолжает расширяться, системы прямой подачи воздуха (нулевые теплообмены) имеют возможность в дальнейшем увеличивать количество часов режима экономайзера.

Таблица 2

Влияние увеличения температуры на входе в ИТ-оборудование на автономную систему (1 теплообмен)

Температура воздуха на входе в ИТ-оборудование	Максимальная наружная температура воздуха	Полное количество часов экономайзера	% года при полной работе экономайзера
21,1 °C	Сухой термометр: 15,2 °C – совпадающая температура по мокрому термометру: 12 °C	4394	50 %
27 °C	Сухой термометр: 22,2 °C – совпадающая температура по мокрому термометру: 17,7 °C	6289	72 %

Эффективные охлаждающие компоненты

Частотно-регулируемые приводы (ЧРП) на охлаждающих компонентах (например, вентиляторы, насосы, компрессоры) и электронно-коммутируемые вентиляторы экономят значительный объем электроэнергии. Во многих центрах обработки данных в схемах охлаждения сегодня используются компоненты, которые не имеют ЧРП, в том числе охладители, вентиляторы для блоков подготовки воздуха и насосы холодной воды. Например, потери энергии в центре обработки данных, который загружен на 50 % и имеет блоки подготовки воздуха, работающие на 100 % (максимальная скорость вентилятора). Эти потери становятся еще более существенными при требованиях к резервированию 2N. Частотно-регулируемые приводы позволяют сократить эти потери энергии за счет вариативных режимов работы, при частичных нагрузках.

Встроенные элементы управления, запрограммированные на заводе

При покупке гибридного электрического автомобиля имеются ожидания, что переход между электрическим и бензиновым режимом потребления будет мягким и эффективным, как часы, несмотря ни на что. Это общее и неоспоримое ожидание в значительной степени сформировано стандартизацией автомобилей. То же самое ожидание возможно для стандартизированных интегрированных систем охлаждения центров обработки данных с экономайзерами. Только на этом уровне стандартизации системы охлаждения с экономайзерами будут работать эффективно и предсказуемо во всех режимах работы при изменении климата и настроек. В обязательном порядке на заводе необходимо стандартизировать, предварительно разработать и запрограммировать элементы управления и программное обеспечение управления и их полностью интегрировать в систему охлаждения.

Элементы управления в традиционных схемах, с другой стороны, как правило разрабатываются локально. Разовая разработка элементов управления и схемы управления обычно определяют то, что элементы управления:

- уникальны и не подлежат повтору;
- имеют не оптимизированное потребление электроэнергии;
- полностью не протестированы;
- не имеют полностью задокументированную работу системы;
- не гибки в отношении изменений центров обработки данных;
- требуют ручного управления и мониторинга.

Вот почему невероятно сложно собрать уникальные системы охлаждения с экономайзерами и элементы управления, которые работают эффективно и предсказуемо в широком диапазоне климатических условий. К некоторым примерам сложностей при разработке подобных систем и подбора компонентов относятся:

- определение идеальных функционирующих точек всех отдельных компонентов, которые создают наименьшее потребление энергии всей системы при любых обстоятельствах;
- определение точек отказа в работе системы и их учет в аварийных режимах управления для устойчивой к отказам работы (например, архитектура связей, которая устойчива к повреждению сетевого кабеля);
- определение, контроль и интегрирование несопоставимых нестандартных компонентов. Например: насосы, специальные клапаны и различные частотные приводы, которые перемещают воду при «перезаполнении» башни
- определение и контроль вентиляторов, которые могут быть односкоростными, многискоростными или с переменной скоростью;
- определение последовательности работы в случае ступенчатой нагрузки – в режиме экономайзера системе потребуется быстро перейти в режим механического охлаждения, пока температура теплоносителя не станет стабильной;
- определение, потребуется ли резервуар для хранения холодной воды, чтобы дать некоторое время охладителю для достижения стабильной работы во время изменений состояния;
- интеграция различных технических решений (петли для байпаса и т. д.), которые позволяют охладителям эффективно «нагревать» конденсатор во время перехода из работы экономайзера в режим охлаждения непосредственного испарения (если вода конденсатора слишком холодная, охладитель не включится);
- контроль нагревателей резервуаров или нескольких этапов нагревателей резервуаров, которые могут потребоваться для предотвращения замерзания, когда используется для естественного охлаждения в зимнее время;
- контроль интегрированных клапанов в архитектуре трубопроводов, насосов, которые поставляют воду в башню, теплообменники и охладители, которые зависят от нее, для обеспечения надлежащей работы.

Повышение гибкости/адаптации

Центры обработки данных часто требуют гибкую архитектуру, чтобы адаптироваться под любые изменения и ИТ-требования, при этом минимизируя капитальные и эксплуатационные расходы. Принцип охлаждения, представленный в данной статье, отвечает этим требованиям и обладает следующими эксплуатационными характеристиками:

- стандартизированный интегрированный дизайн;
- модульная архитектура для возможности расширения;
- максимизировано пространство для ИТ-оборудования.

Стандартизированный автономный принцип

Стандартизированная и предварительно разработанная система охлаждения, которая поставляется в виде модулей высокой заводской готовности, соответствующих транспортным габаритам, обеспечивает производство в контролируемой среде и упрощает поставку и установку. Пример того, как установка может быть упрощена, – это использование быстрых подключений в конструкции устройства. Это обеспечивает подключение к подаче воды для испарительного охлаждения. В информационной статье 163 [«Контейнеризованные модули питания и охлаждения для центров обработки данных»](#) рассматриваются время, полная стоимость и экономия затрат на техническое обслуживание, а также преимущества гибкости и надежности стандартизированных систем высокой заводской готовности.

Традиционная инфраструктура охлаждения центров обработки данных, с другой стороны, может быть очень сложной по ряду компонентов и способам их установки, техническому обслуживанию и управлению. Установка требует широкой сети труб, изоляции и подключения составных подсистем (насосов, охладителей, башен охлаждения и т. д.) на объекте. На **рисунке 6** показан пример такой схемы. Эти многочисленные компоненты часто поставляются разными поставщиками и индивидуально интегрируются на месте для конкретной установки. Как правило, это влечет за собой больше финансовых и временных затрат; такую схему гораздо сложнее расширять. Кроме того, у них повышенная вероятность отказа и степень аварийного обслуживания, а также размытые границы ответственности, когда происходит отказ.

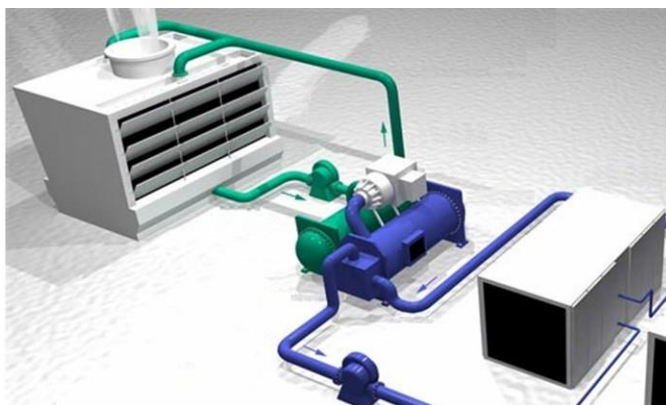


Рисунок 6

Пример сложности схем охлаждения

Масштабируемость

Так как центры обработки данных расширяются, важно, чтобы их архитектура охлаждения была способна расти вместе с ними, а не внедряться заранее на некоторую гипотетическую нагрузку, которую центр обработки данных, возможно, достигнет в необозримом будущем. Способность разворачивать мощности поэтапно помогает управлять эксплуатационными и капитальными затратами. Модульная схема позволяет мощностям изменять масштаб в соответствии с требованиями и без перебоев в работе ИТ-оборудования и уже установленных систем.

В традиционных схемах охлаждения, такие компоненты, как чиллеры или башни охлаждения, обычно устанавливаются в соответствии с максимальной окончательной нагрузкой центра обработки данных из-за опасности уменьшения надежности и сложности в масштабировании таких компонентов в производственном охлаждающем контуре. Это приводит к значительной переразмеренности, так как рост нагрузки очень неопределенный. Установка этой инфраструктуры предполагает существенные излишние капитальные и операционные затраты (чтобы установить и обслуживать избыточные мощности) и пониженную эффективность.

Минимальное пространство для ИТ-оборудования

Автономная система охлаждения, расположенная снаружи периметра здания или на крыше, подразумевает больше пространства в помещении для более дорогого/прибыльного ИТ-оборудования. Кроме того, при сравнении с общим пространством для всех компонентов системы на холодной воде, интегрированная система охлаждения имеет меньший размер и займет меньше пространства.

Дополнительным преимуществом установки системы охлаждения за пределами пространства размещения ИТ-оборудования является то, что меньшему количеству персонала требуется иметь доступ в это помещение (например, для мероприятий по техническому обслуживанию, модернизации/установки), что снижает риски простоя из-за человеческих ошибок.

В стандартном центре обработки данных 10–20 % пространства серверного зала приходится на компоненты физической инфраструктуры, такие как блоки подготовки воздуха/кондиционеры, увлажнители, источники бесперебойного питания (ИБП), распределительные щиты питания, и пространство для необходимого обслуживания. Это пространство, которое не может использоваться для размещения более прибыльного ИТ-оборудования. В некоторых странах мира, где недвижимость крайне дорогая, это значительное ограничение для проектирования центров обработки данных.

Лучшая надежность и доступность

Основная задача большинства менеджеров центров обработки данных – обеспечить бесперебойную работу критически важных ИТ-нагрузок. Система охлаждения, которая отвечает требованиям по надежности и готовности современных центров обработки данных, должна:

- быть отказоустойчивой и обслуживаемой без остановки;
- обеспечивать изоляцию внутреннего воздуха от наружного
- минимально зависеть от технического водоснабжения;
- исключать проблемы с окружающей средой в отношении химических веществ, связанных с некоторыми охлаждающими веществами или водными системами;
- гарантировать предсказуемый воздушный поток приточного и обратного воздуха.

Ремонтопригодность

Выполнение ИТ-операций при обслуживании установки охлаждения является критически важным фактором для достижения целей надежности и готовности. Многие системы охлаждения требуют отключения всей системы для определенных мероприятий по техническому обслуживанию. Это значит, что для выполнения одновременного технического обслуживания требуется полноценная система 2N, а она очень дорогостоящая. Например, при схеме с холодной водой для центра обработки данных может потребоваться два независимых чиллера для того, чтобы один смог продолжить работать и охлаждать центр данных, в то время как другой проходит обслуживание. В некоторых случаях схема N+1 может отвечать требованиям одновременного технического обслуживания. Интегрированная система, спроектированная с резервированием компонентов, исключает эти дополнительные затраты, при этом обеспечивает возможность одновременного проведения технического обслуживания.

Еще один фактор в отношении технического обслуживания заключается в риске возникновения простоя из-за человеческой ошибки во время проведения мероприятий по техобслуживанию. В традиционной схеме охлаждения блоки подготовки воздуха располагаются внутри ИТ-пространства; обслуживание таких блоков означает то, что персонал работает в активной ИТ-среде. В системе, полностью расположенной снаружи, риски простоя снижаются, так как обслуживающий персонал не выполняет свою работу внутри ИТ-пространства.

Контролируемая среда

Система с косвенным и испарительным охлаждением обеспечивает значительную экономию электроэнергии по сравнению с другими стандартными подходами к охлаждению, при этом обеспечивая полное разделение внутреннего и наружного воздуха. Это важно для тех менеджеров центров обработки данных, которые обеспокоены тем, что загрязняющие вещества, засоренные воздушные фильтры или колебания температур могут повысить риск простоя ИТ-оборудования.

Сведите к минимуму зависимость от технического водоснабжения

Система с низкой зависимостью от технической воды в течение года маловероятно вызовет ситуации отказа из-за ее потерь. Со схемой охлаждения с башней охлаждения/холодной водой работа центра обработки данных не зависит от поступления технической воды.

Потеря технической воды может означать, что башня охлаждения может остаться без подпиточной воды, чья система зависит от 8760 часов в год. Башни охлаждения потребляют примерно 40 галлонов в минуту/1000 тонн охлаждающей способности (151,4 литра в минуту)⁵. Усовершенствованные архитектуры, такие как интегрированные системы, рассмотренные в данной статье, используют воду для вспомогательного испарительного охлаждения и только в жаркий период. Вероятность того, что потери технической воды приведут к простою ИТ-оборудования, гораздо ниже.

Экологическая безопасность

В рамках своих корпоративных экологических инициатив некоторые менеджеры корпоративных центров обработки данных ищут варианты, которые решают вопросы, связанные с химическими веществами от некоторых хладагентов или систем на воде.

Система охлаждения с системой подготовки воды без содержания химикатов исключает все загрязнители воды, в том числе потенциальные биоугрозы. Принцип действия основан на отправке электрических импульсов через воду, чтобы сменить полярность минеральных загрязнителей, которые вызывают их скопление, и выделяют их в осадок в виде порошка, а затем вымывают из поддона. Это действие инкапсулирует микроорганизмы, подвергаясь воздействию импульсов (электропорация), стенки клетки повреждаются. Это заставляет их потратить свой короткий жизненный цикл на свое восстановление, а не на воспроизводство и создание угрозы системе подачи воды. Такая система исключает затраты на химические вещества и специальное техническое обслуживание элементов химической обработки и решает вопросы, связанные с окружающей средой. Кроме того, вода после промывки такой системы может повторно использоваться для технических нужд (например, для полива газона), обеспечивая снижение общего потребления воды.

Предсказуемая эффективность воздушного потока

Разделение горячего обратного воздуха и холодного приточного воздуха – решающий фактор для обеспечения эффективного охлаждения. Без изоляции потоков так же возможно возникновение локальных точек перегрева – чего менеджеры центров данных стремятся избежать любой ценой – или значительное превышение количества охладителей, что влечет за собой существенное увеличение потребления электроэнергии и итоговых затрат. Информационная статья 135 [«Изоляция “горячего” прохода против изоляции “холодного” прохода для центров обработки данных»](#) рассматривает задачи при смешивании воздуха, а также дает рекомендации для эффективной изоляции воздуха в новых центрах данных.

ИТ-пространство может быть оснащено фальшполом с перфорированными плитками для распределения воздуха, как в стандартных центрах данных, либо воздух может распределяться с помощью воздуховодов, установленных с торца ряда для подачи охлажденного воздуха к ИТ-оборудованию. Горячий воздух от серверов контролируется через систему труб, подключенных к стойкам. Горячий воздух поднимается к потолочной распределительной камере (фальшпотолок) и подается во всасывающий трубопровод экономайзера. На **рисунке 7** показано, как приточный и обратный воздух в интегрированном модуле охлаждения направляется в ИТ-пространство под фальшпол. Независимо от используемой архитектуры установки охлаждения разделение горячего и холодного воздуха является наилучшим методом, который должен быть принят всеми центрами обработки данных, чтобы повысить эффективность работы и охлаждения.

⁵ Артур А. Белл мл. «Уравнения систем нагрева, вентиляции и кондиционирования воздуха, данные и повседневные правила» (Нью-Йорк: Макгро-Хилл, 2000), стр. 243.

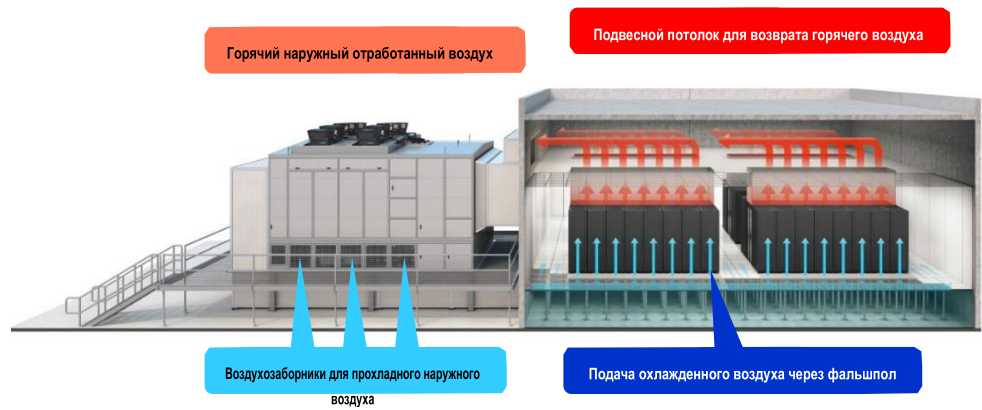


Рисунок 7

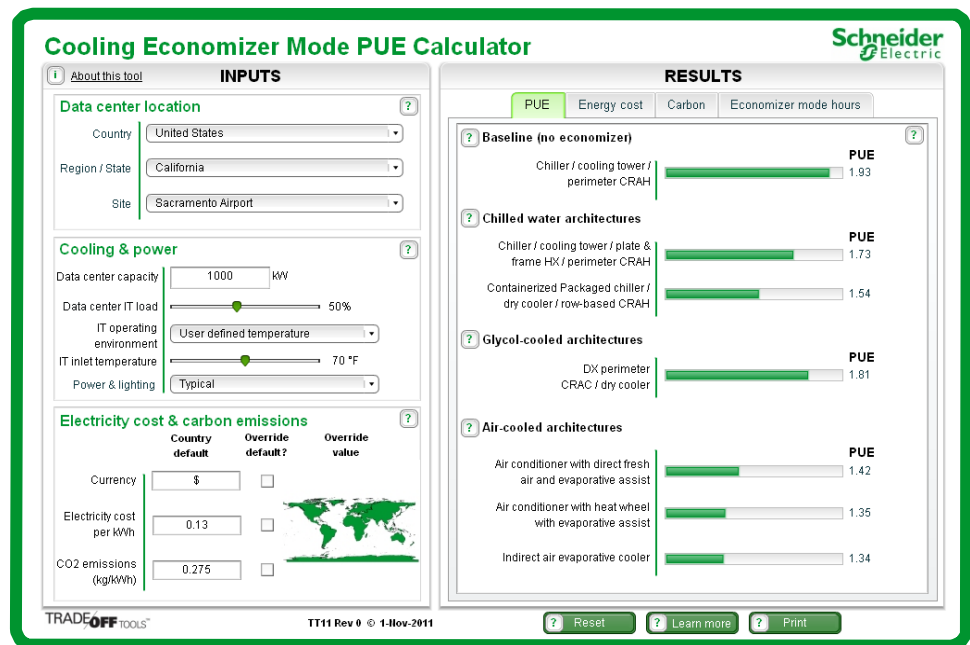
Распределение воздуха в установке с косвенным теплообменом

Сравнение архитектур охлаждения

Проектировщики центров обработки данных и менеджеры сталкиваются со сложным выбором из многочисленных архитектур охлаждения. Инструменты Trade Off Tool 11, калькулятор режимов и эффективности экономайзера поможет принять решение и выбрать архитектуру с наиболее оптимальными показателями: эффективности энергопотребления, затрат энергии и углеродосодержащие выбросы для определенного месторасположения центра данных и параметров ИТ-оборудования. На **рисунке 8** показаны входные и результирующие данные этого инструмента.

Рисунок 8

Калькулятор TradeOff помогает оценить эффективность различных систем охлаждения



В **таблице 3** представлено сравнение двух архитектур – традиционной системы охлаждения (определена в текстовом блоке ниже) и интегрированной системы охлаждения (рассматривалась в начале этой статьи). Интегрированная система имеет значительные преимущества над традиционным подходом, как было отмечено в **таблице 3**.

> Традиционный метод охлаждения

Традиционный метод имеет следующие свойства:

- блоки кондиционирования и блоки подготовки воздуха компьютерных комнат расположены в ИТ-помещении;
- воздух распределяется под фальшполом через вентилируемые пластины;
- наружное тепло отводится через башню охлаждения;
- компоненты установлены одновременно на полную проектную нагрузку;
- система имеет малое время работы в режиме экономизации;
- используются охлаждающие компоненты разных производителей, которые интегрируются в проект;
- для проекта создаются элементы управления;
- программное обеспечение управления индивидуально для каждого проекта.

Таблица 3

Сравнение систем охлаждения

Проектные характеристики	Экономайзер с косвенным испарительным теплообменом	Традиционная установка с холодной водой
Первичный режим работы	Режимы экономизации (косвенный воздушный теплообмен и испарительное охлаждение) с охладителями непосредственного расширения в качестве резерва	Работа охладителя с пластинчатым теплообменником в качестве резерва
Элементы управления и программное обеспечение управления	Стандартизированные предварительно спроектированные элементы управления обеспечивают оптимальный режим работы в течение всего времени; управление небольшим количеством устройств	Управление большим количеством устройств; сложные индивидуальные элементы управления часто вызывают неоптимальный режим работы установки охлаждения
Исполнение	Полностью интегрированная система	Охладители, насосы, башни охлаждения и трубы – детали разных категорий, которые собираются и интегрируются на месте
Пространство для ИТ-оборудования	Не занимает пространство ИТ-оборудования; оно располагается за пределами центра обработки данных	Занимает приблизительно 30 кв. м на каждые 100 кВт ИТ-нагрузки, или почти 5 % от помещения для компьютеров
Возможность для доработки	Не логично выполнять доработку в существующем оборудовании; это рентабельно только для нового оборудования	Возможно, если есть пространство; потребуются прокладка дополнительных трубопроводов
Использование энергии	Работает в режиме экономайзера > 50 %* года; один теплообмен означает, что режим экономайзера может работать при более высоких наружных температурах * На основе вводных, указанных на Рисунке 3	Работает в режиме экономайзера почти 25 %* года; первичный режим работы – полностью механическое охлаждение; три точки теплообмена означают большую разницу между температурой на входе в ИТ-оборудование и внешней температурой * На основе вводных, указанных на рисунке 3
Зависимость от воды	Более низкая зависимость от поставки воды, в то же время без воды невозможен испарительный теплообмен	Потеря технической воды является критическим фактором – башня охлаждения зависит от подпиточной воды 8760 часов в год
Контролируемая среда	ИТ-оборудование изолировано от загрязняющих веществ в наружном воздухе, что снижает риск простоя	Загрязняющие вещества наружного воздуха изолированы от втягивания ИТ-оборудованием, что снижает риск простоя
Предварительные затраты	\$ 1,34/ватт на всю систему	\$ 3,0/ватт на всю систему

Заключение

Сегодня менеджеры центров обработки данных испытывают повышенное финансовое и регулятивное давление в вопросе повышения эффективности их центров обработки данных. Чтобы добиться жестких целей по эффективности энергопотребления, которые ставятся руководством, менеджеры центра обработки данных должны принять подход к охлаждению, предполагающий первичный режим работы в режиме экономайзера, а механическая система является его резервом в случае необходимости. Для большинства географических регионов система охлаждения на основе экономайзера с косвенным и испарительным теплообменом является самым эффективным способом достигнуть этого результата без прямого воздействия на ИТ-пространство загрязняющих веществ и условий наружного воздуха.

Кроме того, менеджеры центра обработки данных должны стремиться к внедрению архитектуры охлаждения, которая может эффективно адаптироваться под изменяющиеся ИТ-нагрузки, быстро менять свои масштабы в соответствии с потребностями, а также быть стандартизированной и предварительно спроектированной со встроенными элементами контроля для оптимальной работы. Наряду с передовым управлением потоком воздуха и более широким диапазоном рабочих температур для ИТ-оборудования могут существенно сократиться капитальные и эксплуатационные расходы на охлаждения.

Такие инструменты от Schneider Electric, как калькулятор эффективности и энергопотребления экономайзера, могут помочь выбрать оптимальную архитектуру охлаждения для конкретного географического региона и ИТ-нагрузки.



Об авторе

Венди Торелл – старший аналитик-исследователь в центре обработки научных данных Schneider Electric. Венди имеет ученую степень бакалавра машиностроения в «Юнион Колледж» Скенектади, штат Нью-Йорк (Union College in Schenectady, NY), степень MBA в университете штата Род-Айленд (University of Rhode Island). Венди – дипломированный инженер по надежности и качеству автоматизированного ПО.



Дополнительные материалы



[Режимы экономайзера центра обработки данных](#)

Информационная статья 132



[Архитектура модульных центров обработки данных](#)

Информационная статья 160



[Контейнеризованные модули питания и охлаждения для центра обработки данных](#)

Информационная статья 163



[Изоляция «горячего» прохода против «холодного» прохода для центров обработки данных](#)

Информационная статья 135



[Смотреть все информационные статьи](#)

whitepapers.apc.com



[Калькулятор эффективности энергопотребления режима экономайзера охлаждения](#)

Инструмент TradeOff Tool 11



[Загрузить все TradeOff Tools™](#)

tools.apc.com



Обратная связь

Отзывы и комментарии к этой статье вы можете отправлять в Научно-исследовательский центр по ЦОДам по адресу:

dcsc@schneider-electric.com

Обратиться к представителям компании Schneider Electric с вопросами по конкретным проектам можно на сайте:

www.apc.com/support/contact/index.cfm