

Экономичные режимы работы систем охлаждения ЦОДов

Часть 2. Сравниваем качественные характеристики

Продолжение. Начало см. «ИКС» №12' 2011, с. 76.

Джон НИМАНН, менеджер Schneider Electric по продуктовой линейке внутрирядных и малых систем охлаждения
Джон БИН-мл., директор APC by Schneider Electric по инновациям в области систем охлаждения уровня стойки
Виктор АВЕЛАР, старший исследователь-аналитик научно-исследовательского центра APC by Schneider Electric
 Data Center Science Center

Как выбрать наиболее подходящий для ЦОДа режим работы систем охлаждения? Сравнительный анализ основных экономичных режимов начинается с их качественных характеристик.

Экономичный режим работы системы охлаждения должен быть рассчитан на погодные условия, характерные для значительной части года, и обеспечивать ощутимую экономию энергии. Однако в периоды жаркой погоды для надежного поддержания требуемых условий в среде ЦОДа приходится переключать по крайней мере часть нагрузки на систему компрессорного охлаждения. Два ключевых признака экономичного режима, отвечающего этому условию, таковы: возможность работы в смешанном режиме, с пониженной нагрузкой на компрессор, и поддержка испарительного охлаждения.

Простейшая оценка тех 15 типов экономичных режимов, которые были рассмотрены в первой части статьи, показывает, что только для шести из них соблюдаются оба названных условия. Эти шесть типов экономичных режимов мы и будем сравнивать детально – сначала по различным качественным характеристикам (табл. 1).

Совместимость со строительными конструкциями здания

Метод обхода кондиционера с непосредственным использованием наружного воздуха, на базе обычного или вращающегося воздушного теплообменника, требует, чтобы оборудование, установленное на улице и в ИТ-

помещении, было соединено воздуховодами. Обычно для этого конструкция здания должна предусматривать пространство для прокладки таких воздуховодов либо ИТ-помещение должно примыкать к внешней стене, за которой возможно установить оборудование. Поэтому реализация данного режима в существующем или многоэтажном здании часто довольно сложна. Экономичные режимы работы систем охлаждения с использованием воды более гибки во внедрении, поскольку трубопроводы для них занимают значительно меньше места и их можно проложить по существующим каналам.

Возможность переоснащения существующих систем

Обычно при переоснащении системы стараются максимально полно задействовать уже имеющиеся компоненты. Однако доработать систему охлаждения традиционного типа, реализовав в ней обходной режим с непосредственным использованием наружного воздуха, практически невозможно из-за их несовместимости (в традиционных системах применяется вода, а не воздух). В типичном ЦОДе с кондиционерами или фанкойлами возможны три основных способа встраивания экономичного режима с использованием существующего оборудования.

Экономичные режимы и стандарты

Некоторое время назад экономичные режимы часто рассматривались как нечто дополнительное и необязательное. Заказчик решал, нужны они ему или нет, исходя из собственных представлений о преимуществах и издержках. Однако современная тенденция предполагает нормативное регулирование требований к производительности для новых ЦОДов. Применение экономичных режимов может в них предлагаться – в явном или неявном виде.

Краеугольный камень такого регулирования – стандарт ANSI/ASHRAE Standard 90.1-2010 Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings («Стандарт

энергопотребления зданий за исключением малоэтажных жилых зданий»), определяющий минимальные требования к характеристикам энергопотребления зданий и недавно распространенный на ЦОДы. Хотя сама ASHRAE не имеет властных полномочий, многие регулирующие органы, включая правительство США, используют ее стандарты в своих нормативах, таких как своды строительных норм. Кроме того, организации, устанавливающие требования к экологически безопасным зданиям (к примеру, US Green Building Council с ее спецификацией LEED), используют ASHRAE 90.1 в качестве минимального уровня энергоэффективности.

В большинстве ЦОДов, построенных с учетом рекомендаций ASHRAE, стандарт ASHRAE 90.1 определяет базовую конфигурацию системы охлаждения, которая задает минимальные требования: это типовая система на чиллерной воде с «обходом чиллера на базе жидкостного теплообменника» в терминологии настоящей статьи. Стандарт 90.1 не предписывает применения конкретных систем, но требует, чтобы система охлаждения ЦОДа имела характеристики не хуже, чем у базовой, с учетом ее экономичного режима. Это означает, что практически во всех новых ЦОДах должен быть реализован тот или иной экономичный режим работы системы охлаждения.

Экономичные режимы: качественные характеристики

Характеристика	Режимы с использованием воздуха			Режимы с использованием воды		
	Обход кондиционера с непосредственным использованием наружного воздуха*	Обход кондиционера на базе воздушного теплообменника*	Обход кондиционера на базе вращающегося теплообменника*	Обход чиллера на базе теплообменника**	Обход моноблочного чиллера на базе орошаемого теплообменника**	Обход компрессора периметрального кондиционера с использованием второго змеевика*
Требуются ли изменения в строительных конструкциях здания	Могут потребоваться	Могут потребоваться	Могут потребоваться	Нет	Нет	Нет
Можно ли встроить в существующую систему	Нет смысла	Нет смысла	Нет смысла	При наличии места	При наличии места	Необходима замена периметрального кондиционера в помещении
Число устройств, требующих управления	Небольшое	Небольшое	Небольшое	Большая часть	Умеренное	Умеренное
Зависимость от влажности уличного воздуха	Есть	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Ожидаемый срок службы	Теплообменник: 20–40 лет	Теплообменник: 20–40 лет	Теплообменник: 20–40 лет	Пластинчатый теплообменник: 10–15 лет	Теплообменник: 10–20 лет	Драйкулер: 10–20 лет
Риски для эксплуатационной готовности в связи с:						
перебоями водоснабжения	–	Небольшой риск простоев	Небольшой риск простоев	Риск простоев из-за исчерпания запаса воды для подпитки	Нет	Нет
снижением качества наружного воздуха	Сильная зависимость от качества воздуха	Нет	Нет		Нет	Нет
пожаротушением	При тушении инертным газом необходима остановка системы охлаждения	Нет	Нет		Нет	Нет
Занимаемая площадь, м ² /кВт	0,038	0,073	0,16	0,18	0,31	0,19
Резервная система компрессорного охлаждения	Полной мощности, на случай низкого качества наружного воздуха	Частичной мощности, для неблагоприятных погодных условий	Частичной мощности, для неблагоприятных погодных условий	Частичной мощности, для неблагоприятных погодных условий	Частичной мощности, для неблагоприятных погодных условий	Частичной мощности, для неблагоприятных погодных условий

Примечание: желтым фоном выделены режимы, лучшие с точки зрения конкретной характеристики.

* С применением испарительного охлаждения

** Предполагается включение экономайзера в контур чиллерной воды последовательно с чиллером, что делает возможной работу в смешанном режиме.

Первый и наиболее распространенный – установка теплообменника на обходе водоохлаждаемого чиллера (режим обхода чиллера с использованием теплообменника). Обычно для этого требуется установить возле чиллера пластинчатый теплообменник с необходимыми средствами управления и подключить его через соответствующие клапаны. Теплообменник значительно компактнее чиллера, так что места для его установки обычно бывает достаточно.

Второй способ – установка теплообменника на обходе охлаждаемого воздухом чиллера (режим обхода моноблочного чиллера на базе орошаемого теплообменника). Для этого возле чиллера устанавливают орошаемый теплообменник с необходимыми средствами управления и подключают его через соответствующие клапаны. Общая площадь, требуемая для монтажа дополнительно-

го оборудования, в зависимости от климатической зоны может быть значительно больше занимаемой чиллером.

Третий способ – установка теплообменника на обходе компрессора системы прямого охлаждения с гликолевым теплоотводом (режим обхода компрессора периметрального кондиционера с использованием второго змеевика). Он значительно сложнее в реализации, поскольку второй змеевик необходимо разместить в том же корпусе, что и устройство охлаждения. Наиболее реалистичный вариант – замена всего блока периметрального кондиционера.

Сложность управления

Переключение между экономичным режимом и режимом компрессорного охлаждения может быть весьма сложным в управлении и сопровождаться кратковременными перебоями в работе системы охлаждения.

В конечном счете надежность такого переключения зависит от системы управления. Система управления стандартизованным готовым решением охлаждения с экономичным режимом работы разрабатывается вместе с самим таким решением. Это делает ее значительно более надежной, чем заказные системы управления, которые создаются для уникальных систем охлаждения в процессе установки, на площадке.

Для режима с обычным или вращающимся воздушным теплообменником на обходе кондиционера достаточно самой простой системы управления. А наиболее сложен в этом отношении режим с теплообменником на обходе чиллера – из-за мертвой зоны между диапазонами температур конденсаторной воды, которые требуются для работы теплообменника и чиллера.

Контроль влажности в помещениях ЦОДа

Во всех представленных в табл. 1 типах экономичных режимов, кроме одного, обеспечивается изоляция воздушной среды ЦОДа от внешней атмосферы. Таким образом, работа в экономичном режиме не оказывает влияния на уровень влажности в помещениях ЦОДа даже при очень высокой влажности снаружи. Исключение составляет режим обхода кондиционера с непосредственным использованием наружного воздуха, что значительно сокращает общее время его возможного применения во влажном климате. Правда, влажностью можно управлять, однако энергозатраты при этом грозят перекрыть получаемую экономию.

Ожидаемый срок службы

Системы охлаждения, использующие в качестве теплоносителя воду, обычно уступают воздушным в продолжительности срока службы оборудования. Причина – различные факторы износа, связанные с водотокком. Срок службы испарительных охладителей (орошаемых теплообменников) лимитируется эрозией рабочих поверхностей под действием воды. В целом же важную роль в продлении срока службы систем охлаждения играет техническое обслуживание.

Риски эксплуатационной готовности

Все типы экономичных режимов подвержены таким угрозам, как ураганы, торнадо, землетрясения и т.п. Но существуют и более прозаические риски, которые надо учитывать.

Перебой в водоснабжении. Поступление воды из муниципального водопровода может прерываться в плановом или неплановом порядке, например из-за строительных работ. Поскольку чиллеры с водяным охлаждением, как правило, полностью зависят от непрерывной работы градирен, режим обхода чиллера на базе теплообменника оказывается наиболее уязвим. Эта опасность обычно устраняется путем установки водяного резервуара такой емкости, чтобы она обеспечивала потребность в воде в течение 24 часов или более. В режимах, использующих испарительное охлаждение только при сухой жаркой погоде, риск соответственно ниже.

Системы, использующие испарительное охлаждение круглый год, также сильно подвержены опасности перебоев в водоснабжении. Она обычно устраняется с помощью резервного источника, как описано выше, либо за счет использования системы компрессорного охлаждения, рассчитанной на 100% нагрузки.

Низкое качество воздуха. Если экономичный режим работы систем охлаждения предусматривает подачу в помещения ЦОДа наружного воздуха, это может создать угрозу для ИТ-оборудования. Применяемые в таких системах фильтры способны задерживать частицы микронных размеров, даже такие мелкие, как микроорганизмы. Однако вулканический пепел, дым от разведенного поблизости костра или поднятые сильным ветром песок и пыль быстро забивают эти фильтры, так что экономичный режим приходится отключать. Эта опасность обычно устраняется путем применения чиллерной установки, способной полностью обеспечить потребность ЦОДа в охлаждении. Кроме того, частицы загрязнений собираются на поверхностях, используемых для испарительного охлаждения, что, как правило, требует их замены.

ASHRAE опубликовала технические материалы на эту тему и книгу *Particulate and Gaseous Contamination in Datacom Environments* («Загрязнение воздушной среды дата-центра газами и мелкими частицами»). Обе эти публикации содержат подробное описание аварийных режимов, вызванных загрязнением воздуха газами и мелкими частицами – в частности, для экономичного режима с непосредственным использованием наружного воздуха в промышленных зонах, – а также рекомендации в отношении различных загрязняющих веществ и условий работы.

Пожаротушение в ЦОДе. Системы автоматического пожаротушения с использованием инертных веществ (FM200, Inergen, Eсaго-25 и т.п.) требуют изоляции помещения от внешней среды (иначе не удастся достичь необходимой для пожаротушения концентрации газа). Для этого необходимо перекрыть все вентиляционные ходы и дверные проемы, что оказывается довольно затруднительно при использовании режимов с подачей уличного воздуха в помещения ЦОДа. Как и в случае с качеством воздуха, эта опасность обычно устраняется путем применения чиллерной установки, способной полностью обеспечить потребность ЦОДа в охлаждении.

Занимаемая площадь

При расчете площади, необходимой для системы охлаждения, учитывают все ее компоненты, включая используемые в экономичном режиме (обычно площадь рассчитывают по отношению к мощности потребления обслуживаемого ЦОДа, т.е. к максимальной ИТ-нагрузке). Режим обхода кондиционера с непосредственным использованием наружного воздуха требует меньше всего дополнительной площади. Для режима с обходом кондиционера на базе воздушного теплообменника эта потребность лишь немного выше – из-за дополнительного теплообменника воздух-воздух. Для режима обхода кондиционера на базе вращающегося теплообменника потребность в дополнительной площади изо всех «воздушных» экономичных режимов максимальна: почти как для чиллера с градирней.

Потребность в резервировании

Хотя система охлаждения в принципе может работать в экономичном режиме – без компрессорного охлаждения – постоянно, это повышает риск простоев, а значит, не подходит для ЦОДа высокого уровня готовности. Более того, в мире не так много климатических зон, где круглый год держатся низкие температуры, особенно среди тех мест, которые обеспечены транспортными путями, оптоволоконными линиями, трудовыми и иными ресурсами, необходимыми для эксплуатации дата-центра. Поэтому в большинстве случаев применяется резервный режим компрессорного охлаждения – хотя бы частичной мощности, для дополнительного охлаждения в самые жаркие дни. Чем больше в экономичном режиме «ступеней теплообмена», тем выше вероятность, что потребуются система компрессорного охлаждения, рассчитанная на полную потребность ЦОДа.

Например, в режиме обхода чиллера с использованием теплообменника таких ступеней три: в фанкойле, в пластинчатом теплообменнике и в градирне. Для снабжения серверов охлаждающим воздухом с температурой 20°C при работе в экономичном режиме необходимо, чтобы на улице круглый год держались такие условия, в которых показания влажного термометра не превышают примерно 2°C*. Если чиллер обеспечивает 50% потребности ЦОДа в охлаждении, максимум показаний влажного термометра повышается примерно до 7°C, однако и этого недостаточно, если учесть реальные

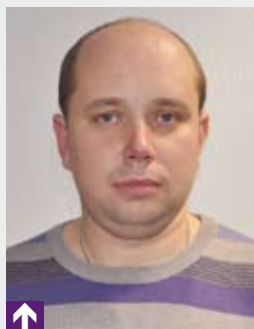
условия в местах, где размещаются дата-центры. Таким образом, экономичный режим данного типа требует резервной системы компрессорного охлаждения полной мощности.

Режим обхода кондиционера с непосредственным использованием наружного воздуха не имеет ни одной ступени теплообмена, что позволяет ему в сухом климате круглый год работать с резервной компрессорной системой охлаждения, рассчитанной лишь на часть полной мощности охлаждения. Однако из-за обсуждавшихся выше рисков, связанных с качеством воздуха, и необходимости управлять уровнем влажности приходится все же иметь в ЦОДе компрессорную систему полной мощности. Режим с обходом кондиционера на базе воздушного теплообменника имеет одну ступень теплообмена; при этом он свободен от рисков, связанных с качеством воздуха, и не требует управления уровнем влажности. Это позволяет избежать капитальных и эксплуатационных затрат на компрессорную систему охлаждения полной мощности.

В будущем, когда виртуальные машины позволят оперативно переносить ответственные процессы на альтернативные площадки, вполне возможной станет постоянная работа некоторых ЦОДов в экономичном режиме без резервирования фреоновым компрессорным охлаждением. Ожидаемое же повышение верхней границы диапазона допустимых температур воздуха, используемого для охлаждения ИТ-оборудования, сулит сделать это еще более вероятным. ИКС

* В предположении работы ЦОДа под 100%-ной нагрузкой, изоляции «горячих» коридоров и температуры чиллерной воды 14°C.

Чиллеры с турбокомпрессорами: экономия на эксплуатации



Алексей МОРОЗОВ,
руководитель технико-
коммерческого отдела
компании «Термокул»

Снижение потребления электроэнергии – один из основных критериев качества проектирования инженерной инфраструктуры. Важным ресурсом уменьшения затрат является комплексная система холодоснабжения: ведь на ее долю приходится основная часть (от 50 до 60%) общего потребления электроэнергии.

Использование чиллеров, построенных на турбокомпрессорах, существенно снижает расходы на охлаждение. «Сердце» такого чиллера – центробежные турбокомпрессоры с регулированием числа оборотов, благодаря чему их можно включать одновременно и плавно.

Основные преимущества холодильной машины на турбокомпрессорах:

- низкий уровень шума и отсутствие вибрации позволяют экономить на мерах защиты;
- меньшие масса и габариты (экономия на конструкциях и площадях);
- при использовании магнитного подвеса отсутствуют потери на трении;
- за счет безмасляной технологии снижаются потери в теплообменниках чиллеров;
- высокая экологичность благодаря отсутствию в системе масла и уменьшению эмиссии CO₂;
- экономия на устройствах плавного пуска: поскольку стартовый ток не превышает 5 А, нет повышенных требований к энергоснабжению;
- специальные фильтры для защиты от электромагнитных помех и низкий стартовый ток

создают дополнительную защиту всего электрооборудования ЦОДа;

- система управления и диспетчеризации обеспечивают мониторинг холодильных систем в реальном времени.

Важный компонент инфраструктуры ЦОДа – система кондиционирования. В этом качестве оптимальны прецизионные кондиционеры HiRef, так как особенности работы многих моделей этого производителя в системе с чиллерами на турбокомпрессорах позволяют увеличить эффективность работы и расширить диапазон для системы фрикулинга.

Компания «Термокул» применяет в своих проектах новое для российского рынка комплексное энергосберегающее решение для системы кондиционирования и центрального холодоснабжения с чиллерами на базе турбокомпрессоров. Это решение, реализованное на оборудовании собственного производства, обеспечивает резкое (не менее 40%) снижение расходов на поддержание климатических параметров в помещении по сравнению с традиционными системами. Немаловажно, что оно подходит как для сложных ИТ-объектов, так и для общественных зданий.