

# Охлаждение горячих центров



**Александр ЕЖОВ,**  
руководитель направления систем кондиционирования, Product Owner линейки «МикроЦОД»

## Уплотнение энергопотребления

В настоящей статье речь пойдет не столько о скорости, сколько о самом процессе беспрерывного усовершенствования: размеры транзисторов становятся все меньше, что позволяет увеличивать их количество на одном квадратном миллиметре. При этом, несмотря на снижение энергопотребления каждого отдельного транзистора, общее энергопотребление чипов стало расти. А более плотное размещение компонентов на печатных платах повлияло и на увеличение общего количества чипов на один серверный юнит.

Не отстают и производители конструктивов: не так давно на рынок РФ пришло направление ОСР-решений, основой которых становятся ИТ-стойки 21-дюймового формата. Названное направление сейчас весьма бурно развивается, при этом кроме основной

Большинство людей, связанных с вычислительными технологиями, так или иначе сталкивались с законом Мура. Если быть точнее, то это озвученный результат эмпирического наблюдения соучредителя компании Intel Гордона Мура: «Количество транзисторов, размещаемых на кристалле интегральной схемы, удваивается каждые 24 месяца», хотя изначально Мур говорил про ежегодное удвоение. А уже после увеличения этого срока до текущего размера представитель другого крупного производителя процессоров заявлял о временном отрезке в 18 месяцев.

идеи стандартизации серверного оборудования и снижения потерь на электроснабжение оно способствует уплотнению вычислительных мощностей, увеличивая количество оборудования, размещаемого в одной стойке.

При расчетах систем контроля микроклимата тепловыделение у вычислительного оборудования принято считать равным энергопотреблению. Соответственно описанные выше процессы неизбежно приводят к росту тепловыделения. Современные процессоры, хотя и имеют относительно широкие диапазоны условий эксплуатации, «не любят» перегрева. В случае наступления подобных аварийных условий они способны отключать свои внутренние блоки для продолжения работы на меньшей мощности. Естественно, потеря вычислительной способности меньше зло, чем полный отказ и остановка сервера, но лучше всего – не доводить до этого и использовать подходящие системы контроля микроклимата.

## Развитие ЦОДостроительства

Процесс цифровизации различных производств и услуг активно продолжается во всем мире. Российская Федерация – не исключение, хотя ее размеры

не позволяют делать это быстро и повсеместно, но сам процесс запущен и идет полным ходом. Первыми в данный процесс включились региональные и промышленные центры, а сейчас уже практически не осталось предприятий, которые не пользовались бы цифровыми данными. История и география строительства коммерческих ЦОД тому подтверждение. Собственные центры обработки данных особо не афишируются и, как правило, имеют меньшие мощности, но факт остается фактом: их все больше строится и еще больше проектируется.

Изначально большинство ЦОД в России строилось на базе уже имеющихся помещений, которые реставрировали, реконструировали и создавали необходимые условия. Но размеры, мощности и специфические требования ЦОД растут, так что последние годы коммерческие вычислительные центры проектируются в виде отдельных, возводимых с нуля комплексов. Это позволяет оптимизировать все системы инженерной инфраструктуры, минимизировать расходы как на приобретение и монтаж, так и на эксплуатацию систем энергоснабжения и контроля микроклимата. А современная тенденция на сертификацию по TIER и высокие риски убытков

при простое заставляет даже корпорации с государственным участием рассматривать возможности возведения отдельных вычислительных центров.

При этом, на мой взгляд, стоит отметить два важных фактора. Первый касается самого ИТ-оборудования: вычислительный парк модернизируется гораздо чаще и быстрее, чем заканчивается его срок эксплуатации. Связано это с тем, что требования к вычислительной мощности растут очень быстро и старое оборудование, хотя и исправное, становится бесполезным. Второй фактор – системы электропитания и контроля микроклимата являются основой любого центра обработки данных, и их замена зачастую требует остановки всего вычислительного комплекса. Это приводит к обратному эффекту: реальный срок эксплуатации инженерных систем нередко превышает расчетный, заложенный производителем.

Не стоит забывать и о том, что устаревшие принципы и стандартные схемы при проектировании активно используются интеграторами и соответствующими институтами. Это позволяет значительно упростить (читай – ускорить) создание проекта и снимает определенный объем ответственности с проектировщиков. Но, в первых, такие решения не всегда подходят по ряду причин, например из-за особенностей архитектуры и климата. Во-вторых, как известно, большинство производителей оборудования покинуло российский рынок. Новые юрлица со старыми командами менеджеров, к сожалению, не всегда способны заменить команду инженеров-разработчиков. К тому же фирменное программное обеспечение перестало функционировать или оказалось бесполезным из-за невозможности поставок.

Как показывает практика, все эти факторы приводят к невозможности или бесполезности обновления парка вычислительной техники из-за отсутствия резерва и невыполнимости масштабирования инженерной инфраструктуры. Эта проблема уже начала

проявляться, и конечные заказчики стали обращать внимание интеграторов на подобные сложности, возникающие в процессе эксплуатации. Но, к сожалению, на данный момент стоимость проекта и скорость расчета в большинстве случаев преобладают над разумностью принимаемых решений.

## Новинки кондиционирования

Вектор развития систем контроля микроклимата для ИТ-оборудования направлен на снижение энергопотребления, что является общемировой тенденцией. Изначально производители стремились повысить эффективность холодильных систем и хвастались коэффициентом энергоэффективности EER (Energy Efficiency Ratio). Когда технологии изготовления компрессоров достигли потолка, начали использовать сезонный коэффициент эффективности, получивший название SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio). Однако эти значения показывали эффективность работы встроенного холодильного контура в идеальных условиях, пусть и с изменяемой температурой окружающего воздуха. Практика показала, что реальные условия работы способны сильно влиять на обозначенные параметры, причем не в лучшую сторону. Это привело к широкому распространению коэффициента PUE (Power Usage Effectiveness). Он демонстрирует отношение потребляемой ИТ-оборудованием электроэнергии к общему энергопотреблению центра обработки данных. Стоит отметить, что он зависит не только от эффективности используемых систем контроля микроклимата, но и от источников бесперебойного питания, организации циркуляции воздуха и даже от положения здания в пространстве.

Уход иностранных брендов с нашего рынка привел к смене пула поставщиков: то, что раньше поставлялось с западного направления, теперь привозится с восточного. Правда, отдельные

представительства после официального закрытия переквалифицировались в отечественные производства. Большинство из них организовало крупноузловую сборку, напоминающую современное производство автомобилей на базе завода «Москвич». Но надо отдать должное, есть и те, кто поспешил занять пустую нишу и начал налаживать полноценный цикл производства на базе отечественных компонентов. Тут, к сожалению, в плане технологий хвастаться пока нечем, но само по себе наличие движения в этом направлении уже радует.

Азиатские производители в большинстве своем показывают примерно одни и те же модели без особых отличий. Смена поставщика комплектующих от завода к заводу на дело сильно не влияет, основные характеристики и габариты почти идентичны. Из относительных «новинок», которые можно найти на рынке, – системы фреонового фрикулинга. При низкой температуре окружающего воздуха и не очень высокой тепловой нагрузке от ИТ-оборудования такие кондиционеры переключаются в режим циркуляции жидкого фреона и используют его фактически как жидкий теплоноситель (воду). Технология интересна самой идеей, особенно при учете относительно низкой средней температуры в России и возможности реализовать режим «свободного охлаждения» без применения воды. Однако не стоит забывать и о рисках: новые технологии требуют наличия специалистов с соответствующей практикой – как в монтажных работах, так и в сервисных.

Западные производители все активнее практикуют использование иммерсионного охлаждения, которое имеет эффективность теплоотвода даже выше, чем у водяных кондиционеров, при этом полностью отсутствует риск повреждения вычислительной техники в случае утечки. На данном этапе технология все еще дорогая и требует определенной модификации серверного оборудования, что само по себе

негативно сказывается на гарантийных обязательствах производителей. Значимую роль играет и высокая стоимость используемых теплоносителей. Из интересного стоит отметить технологию прямого двухфазного охлаждения, которая представляет собой вариацию с переносом испарителя холодильного контура непосредственно к источнику тепла – процессору. В этом случае из процесса отведения тепла практически полностью исключается промежуточный теплоноситель – воздух, что сводит теплотери к нулю и максимально повышает эффективность. Кроме того, использование компактных теплообменников непосредственно на чипах позволяет избавиться от громоздких радиаторов с вентиляторами внутри сервера. Но эти «западные веяния» нам пока недоступны, поскольку даже при параллельном импорте мы получим лишь технику, но не соответствующие знания по ее монтажу и сервису, а это чревато выходом из строя элементов и потерей всех описанных преимуществ.

## Оптимизация оборудования

Тем не менее технологии в сфере кондиционирования двигаются вперед. Повышение допустимого диапазона температуры эксплуатации ИТ-оборудования позволило вспомнить о хорошо забытое старое, например, системы адиабатического охлаждения воздуха. Для больших ЦОД это вполне реальная экономия ресурсов, но серьезный минус данной технологии – необходимость довольно большого расхода воздуха и воды, а также существенная зависимость от температуры воздуха на улице. При расчете поддоных систем почти всегда берут за основу данные ASHRAE, но погода не перестает удивлять нас своими рекордами, среднегодовая температура неуклонно растет, а не снижается. Решение рабочее, но использовать его впритык не рекомендуется: даже если расчеты показывают достигаемый

перепад в десять кельвинов, а архив погоды за пять-десять лет не выдает температуру воздуха выше 35 °С, это не означает, что так будет всегда.

Для климатических зон с невысокой среднегодовой температурой эффективно использование схемы чиллерного охлаждения с технологией Free-Cooling. Это позволяет отводить излишки тепла без компрессора – основного потребителя электроэнергии. Стоит отметить, что чиллер – весьма дорогое оборудование, к тому же он является потенциальной точкой отказа, что требует его резервирования, а это значительно увеличивает стоимость такого решения, необходимую площадь и несущую способность перекрытий. Таким образом, с точки зрения капитальных затрат использование чиллерного охлаждения будет оправдано при мощности вычислительного центра более 700 кВт.

В качестве теплоносителя в таких системах используется вода или ее растворы, что отталкивает от подобного решения большинство потенциальных заказчиков. В качестве альтернативы, а также для менее мощных ЦОД можно рассматривать системы фреоновой фрикулинга. При более высокой стоимости относительно традиционных фреоновых систем они тем не менее дешевле чиллеров и гораздо компактнее. Если необходим вычислительный центр с малой потребляемой мощностью, то есть смысл обратиться к EDGE-решениям, например к компактным микроЦОД. На вычислительных мощностях до 50 кВт они позволяют организовать требуемые условия эксплуатации для вычислительной техники без строительства специализированных помещений и значительно сократить капитальные затраты.

Что касается исполнения самих кондиционеров, то тут нужно обратить внимание на следующие моменты. Самый важный: прецизионные кондиционеры воздуха относятся к технологичному направлению, а значит, должны быть готовы работать по схеме 24/7. Кроме того, исходя

из названия – Precision (точность) – такие системы должны поддерживать параметры микроклимата в замкнутом объеме с минимальным отклонением от заданных. Заказчики часто используют бытовые и полупромышленные системы для контроля микроклимата в небольших серверных и ЦОД, что, естественно, дешевле, но такие кондиционеры не рассчитаны на непрерывную работу и точное поддержание заданных параметров воздуха. Использование зимних комплектов позволяет эксплуатировать их и в зимний период, но остается проблема некорректной циркуляции воздуха и отсутствия возможности поддержания необходимого уровня влажности. Иными словами, это может обернуться снижением срока эксплуатации вычислительной техники, в том числе из-за локального перегрева или переохлаждения воздуха, а также из-за высокой статичности, вызванной низкой влажностью воздуха.

Современные прецизионные кондиционеры воздуха делятся на несколько типов по принципу организации циркуляции воздуха. Самый распространенный – шкафной тип. Его еще часто называют периметральным из-за установки кондиционеров по периметру помещения. Циркуляция организуется на уровне помещений: охлажденный воздух подается к серверному оборудованию через фальшпол и перфорированные плитки, а нагретый – забирается кондиционером из верхней зоны помещения. Это отличное решение при наличии высокого фальшпола и достаточного расстояния над стойками. Но ограничения, связанные с большими теплотерями, малым сечением и повышенным сопротивлением плиток, не позволяют использовать такой тип при тепловыделении выше 7 кВт со стойки. Теоретически можно установить активные плитки со встроенным вентилятором и направленными ламелями, увеличить ширину холодного коридора, повысить мощность напора в самом кондиционере, возвести, изолировать и герметизировать

различные фальшконструкции. Но это даст возможность лишь немного увеличить теплоотведение – до 9 кВт со стойки и не оправдано с точки зрения финансовых вложений.

Одна из ветвей развития шкафного типа – «холодная стена». По своей сути, это увеличение полезности используемой площади с применением все той же технологии периметрального охлаждения. Объемный теплообменник монтируется вместо стены, при этом воздух двигается горизонтально вдоль рядов стоек в большем объеме с меньшей скоростью. Отказ от фальшпола и снижение соответствующих потерь повышают энергоэффективность, но снижают допустимое максимальное тепловыделение с одной стойки. В противном случае резко повышается риск перегрева соседних стоек из-за байпасирования горячего воздуха или нехватки объема холодного. Кроме того, наиболее удаленные от стены стойки, как и в случае с периметральным охлаждением, получают меньше охлажденного воздуха.

Более современный тип прецизионных кондиционеров – внутрирядный. Они монтируются непосредственно между ИТ-стойками, что минимизирует путь воздуха и соответствующие потери. При этом уже не нужны фальшпол и высокий потолок: циркуляция воздуха происходит горизонтально, на уровне сформированных рядов стоек. Кроме того, меньший путь для воздушного потока снижает температурную инерцию, что позволяет таким кондиционерам поддерживать более точные параметры микроклимата. Отдельный плюс данной технологии – значительное уменьшение необходимой площади для размещения и обслуживания кондиционера, что критически важно при современной стоимости аренды помещения и тем более его строительства. К тому же внутрирядные кондиционеры позволяют отводить до 15 кВт тепла с каждой стойки.

Представленные типы кондиционеров относятся к открытой архитектуре охлаждения, поскольку в

циркуляции воздуха так или иначе участвует часть общего помещения. Одновременно с этим перенос кондиционеров ближе к источнику тепла оправдал себя с точки зрения повышения их энергоэффективности и уменьшения общего PUE центра обработки данных. Таким образом, разработка встроенного типа кондиционеров, позволяющих организовывать закрытую архитектуру охлаждения, стала следующим логическим шагом. Внутренние блоки кондиционеров представляют собой внутрирядный тип, но вход и выход воздуха осуществляются не из общих «горячего» и «холодного» коридоров, а непосредственно из присоединенного ИТ-конструктива. К этому же типу относятся кондиционеры, монтируемые непосредственно внутрь ИТ-стойки. Это позволило отказаться от использования в циркуляции воздуха части общего помещения и применения системы изоляции коридоров, рекомендуемой при периметральном охлаждении и необходимой при использовании внутрирядного типа кондиционеров. Минусом таких систем является сложность организации резервирования в вычислительных центрах с большими площадями и соответствующим количеством стоек.

Кроме того, существует несколько гибридных типов прецизионных кондиционеров, разработанных для компактных помещений, например потолочные кондиционеры касетного типа, а также настенные и потолочные – канального типа. В большинстве своем они являются прецизионными, тем не менее почти никакие из них не обладают функцией поддержания заданной влажности. Кондиционеры подобного типа чаще используются в маленьких или неправильной формы помещениях. С учетом прихода в Россию EDGE-решений в данном случае более эффективным решением будет использование компактных ЦОД на базе одного-трех конструктивов.

## Заключение

Цифровых данных становится все больше, их необходимо

не только собирать и обрабатывать, но и хранить. Количество и размеры центров обработки данных будут неуклонно расти. Применение ОСП-решений и прямого двухфазного охлаждения позволит лишь на какое-то время замедлить увеличение площади, но точно не мощности.

Общие рекомендации к выбору системы контроля микроклимата довольно просты: это должен быть именно прецизионный кондиционер для ИТ-оборудования с минимальным набором функций охлаждения и увлажнения. В данном случае нагрев воздуха происходит за счет теплопритоков от вычислительного оборудования, а осушение – вследствие конденсации влаги на теплообменнике. Если проектируемый центр обработки данных не будет сразу же загружен на 50–60% мощности, то оптимальный вариант – кондиционеры с дополнительной функцией обогрева воздуха. Это позволит полноценно эксплуатировать систему контроля микроклимата и поддерживать требуемые параметры воздуха до выхода тепловой нагрузки на минимальный рекомендуемый уровень.

В целях снижения нагрузки на электрическую сеть рекомендуется рассматривать кондиционеры, оборудованные инверторным компрессором и электронно-коммутируемыми вентиляторами. Такие технологии позволяют осуществлять плавный пуск встроенных электродвигателей и максимально точно поддерживать заданные параметры воздуха. Во-первых, это значительно повышает реальную энергоэффективность кондиционера, а значит, снижает операционные расходы. Во-вторых, позволяет увеличить полезный срок эксплуатации, минимизировать количество поломок и дорогостоящих простоев за счет отсутствия пусковых перегрузок и контроля рабочих параметров. Выбор конкретного типа охлаждения следует делать исходя из среднего теплопритока от одной стойки, количества стоек и конфигурации помещения. ■