

ЦОДостроение — ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Н.И. Аристова, В.М. Чадаев (ИПУ РАН)

Сформулированы основные тренды развития традиционных и виртуальных ЦОДов. Приведены прогнозы «индексов» развития облачных технологий в области ЦОДостроения. Кратко описаны возможности решений от компаний Cisco, Schneider Electric и АМДтехнологии, обеспечивающие надежную работу и мониторинг состояния инфраструктуры современных ЦОДов.

Ключевые слова: ЦОД, виртуализация, системы хранения информации, машинное обучение, искусственный интеллект, облачные технологии, программно-определяемая память, энергоэффективность.

Современный центр обработки данных призван осуществлять разнообразные операции, связанные с созданием или генерацией данных, архивированием и хранением информации, последующим предоставлением ее по запросу пользователя, а при необходимости безопасным уничтожением данных.

В XX веке предшественниками современных ЦОДов были устройства хранения информации на ленточных носителях, а впоследствии электронно-вычислительные устройства. Для размещения первых электронно-вычислительных комплексов создавались специализированные машинные залы, в которых поддерживались специальные условия окружающей среды, необходимые для обеспечения работоспособности оборудования. Вспомним в этой связи знаменитый пруд на территории ИПУ РАН (Москва), предназначенный для охлаждения мощной по тем временам ЭВМ (фото).

Следующим этапом развития вычислительной техники стали серверные — специально кондиционированные комнаты, оборудованные устройствами бесперебойного питания. В этих помещениях размещались серверы, предназначенные для сбора и хранения информации со всего предприятия.

Современные ЦОДы оснащаются полным комплектом различных инженерных систем, системами безопасности и кибербезопасности, системами бесперебойного электропитания [1–3]. Ведущие мировые ИТ-фирмы создают специализированные программные и аппаратные решения для рынка ЦОД, алгоритмы для обработки и анализа информации. Сегодня это активно развивающееся бизнес-направление. Действительно, с развитием информационных технологий, с увеличением объемов данных практически в любой промышленной организации возникает потребность в собственном ЦОДе как в основополагающей части ИТ-инфраструктуры и материально-технической базе для новых продуктов и сервисов. Важность темы подтверждается обо-



значенной в 2017 г. инициативой создания на государственном уровне стандартов, регламентирующих ключевые показатели жизнеспособности инженерных систем ЦОДов. Введение таких нормативных документов призвано упростить этап составления технического задания к проекту и последующую приемку ЦОДов. В 2018 г. с высокой вероятностью эти стандарты будут приняты (www.bytemag.ru).

Основные тренды развития ЦОДостроения

В конце 2017 г. эксперты выделили основные тренды, характерные для ЦОДостроения.

1. Использование при создании ЦОДов технологии информационного моделирования зданий (BIM). Это связано с удобством работы, с повышением прозрачности проектирования и строительства зданий ЦОД на всех этапах, вплоть до ввода в эксплуатацию. С помощью BIM можно избежать многих ошибок, возникших в результате проектирования разделов разными компаниями, и четко идентифицировать сторону, которая ошибку допустила. Это даст определенный антикоррупционный эффект в отрасли —

за счет выявления решений, которые не вписываются в общую концепцию, особенно в работе по госзаказу (www.bytemag.ru).

2. Создание «зеленых» и энергоэффективных ЦОДов. Для определения энергоэффективности работы ЦОД используется показатель PUE (Power Usage Effectiveness). Он рассчитывается как отношение общей потребленной ЦОДом электроэнергии к электроэнергии, потребленной его ИТ-оборудованием (идеальный параметр равен 1). Лучший в мире PUE — у дата-центра компании Google в Исландии, около 1,11 (по данным Google за 2017 г.) (www.bytemag.ru). В России самый низкий за прошедший год среднегодовой показатель PUE у дата-центра Xelent (Санкт-Петербург). Он составил 1,29 (согласно публично доступным данным на 1 января 2018 г.). Такой показатель — это результат оптимизации самого ЦОДа, а также работы его системы охлаждения, в которой используется роторный теплообменник (www.xelent.ru). В Европе «зеленые» ЦОДы составляют порядка 50% рынка.

3. Создание модульных ЦОДов. Концепция модульного ЦОД построена на идее типового решения — модуля с заданным набором систем электроснабжения, охлаждения и физической безопасности. Большая часть узлов подобного блока уже заранее собрана и предустановлена производителем, что позволяет существенно сократить работы по инсталляции готового решения на стороне заказчика. Кроме того, отдельные модули являются независимыми в плане жизнеобеспечения, что в совокупности с короткими сроками развертывания позволяет наращивать мощность ЦОД по мере необходимости. Экономическая целесообразность использования модульных технологий охватывает четыре аспекта: сокращение капитальных инвестиций, снижение операционных издержек, отсутствие простоя оборудования благодаря наращиванию мощностей по мере необходимости, а также более короткий срок возврата инвестиций за счет более быстрого ввода площадки в эксплуатацию (www.cnews.ru).

Для запуска модульного ЦОДа требуется 4...6 мес. с момента начала проектирования, что в 2...3 раза меньше, чем для обычного ЦОДа. Важным фактором в сокращении сроков является то, что модульные решения не требуют строительства капитального бетонного здания с мощными стенами и перекрытиями. Как правило, модульные технологии предполагают наличие «предизготовленного» помещения, которое можно поместить как внутри другого здания, так и в «чистом поле» (www.cnews.ru).

Облачные ЦОД

На современном этапе научно-технического развития мы являемся свидетелями проникновения облачных технологий в различные сферы жизни и деятельности человека. Объем рынка облачных услуг интенсивно растет — на 30...40% ежегодно, и эксперты

ожидают, что в 2018 г. рост будет $\geq 40\%$ (www.bytemag.ru). Не обошли стороной облака и ЦОДостроение. В настоящее время помимо традиционных ЦОДов компании стали применять ЦОДы виртуальные.

Виртуальный ЦОД — совокупность облачных ресурсов, которая заменяет необходимость наличия физической ИТ-инфраструктуры и персонала. В практическом плане отпадает необходимость приобретать собственные серверы, искать место для их размещения, создавать инженерную инфраструктуру. Зато появляется возможность использования виртуальных ресурсов со всеми необходимыми бизнес-приложениями (<http://iaas-blog.it-grad.ru>).

К преимуществам виртуальных ЦОДов относятся:

1. уменьшение стоимости эксплуатации виртуального ЦОД за счет отсутствия необходимости покупать и поддерживать новое оборудование, минимизация затрат на проектирование и запуск в эксплуатацию, переконфигурирование под меняющиеся требования бизнеса, минимизация затрат на электропотребление и т. д.;

2. надежность хранения данных. В виртуальных системах проще создавать резервные копии, а также при необходимости разворачивать сохраненные архивы за считанные минуты. Данный подход увеличивает уровень киберзащиты данных. Совершенствование методов управления ЦОД и контроля данных помогло минимизировать риски предприятий и улучшить защиту пользователей;

3. широкие возможности в области масштабирования систем.

При этом необходимо учитывать, что минусом виртуальных решений является недостаточно высокая гибкость предоставляемых услуг. Потребность внесения индивидуальных изменений в работу ЦОДа потребует дополнительных расходов, связанных с повторным развертыванием обновленной системы и поддержкой со стороны ИТ-специалистов. Кроме того, для оптимизации сложных распределенных операций, связанных с хранением, может быть недостаточно традиционных алгоритмов обработки данных, и потребуются использовать патентованные технологии, например, такие как удаленная репликация данных, синхронизация моментальных снимков, управление метаданными и их индексирование и др. Это приведет к дополнительным расходам.

Однако перечисленные недостатки в большинстве случаев перекрываются преимуществами облачных ЦОДов. Кроме того, быстрый рост трафика ЦОДов увеличивает популярность облачных приложений. Согласно отчету компании Cisco, к 2021 г. глобальный годовой трафик облачных ЦОД вырастет в 3,3 раза и достигнет 19,5 Зб¹ (в 2016 г. — 6 Зб), годовой прирост за указанный период составит 27%. Глобальный облачный трафик к 2021 г. достигнет 95% совокупного трафика ЦОД, в 2016 г. этот показатель составлял 88% (www.itrn.ru).

¹ Для справки: 1 терабайт (Тб)=10¹² байт; 1 петабайт (Пб)=10¹⁵ байт; 1 эксабайт (Эб) =10¹⁸ байт; 1 зеттабайт (Зб)=10²¹ байт; 1 йоттабайт (Йб)=10²⁴ байт

Ключевые данные и прогнозы развития облачных технологий

Наращение потребностей в ресурсах ЦОД и облака привело к разработке крупномасштабных публичных ЦОД, которые стали называть гипермасштабными. Согласно прогнозам, к 2021 г. в мире появятся 628 гипермасштабных ЦОД, тогда как в 2016 г. их было 338 (рост за рассматриваемый период в 1,9 раза). К 2021 г. на долю гипермасштабных ЦОД будет приходиться: 53% всех серверов ЦОД (в 2016 г. — 27%); 69% всей вычислительной мощности ЦОД (в 2016 г. — 41%); 65% всех данных, хранящихся в ЦОД (в 2016 г. — 51%); 55% всего трафика ЦОД (в 2016 г. — 39%) (www.itrn.ru).

Ключевые данные и прогнозы «Глобального индекса развития облачных технологий» от компании Cisco: к 2021 г. 94% задач и виртуальных вычислений будут выполняться в облачных ЦОДах, в традиционных ЦОД — 6%; мировой объем хранимых в ЦОД данных к 2021 г. вырастет в 4,6 раза и достигнет 1,3 Зб (ежегодный прирост 36%), в 2016 г. этот показатель составил 286 Эб; на большие данные к 2021 г. будет приходиться 30% всех данных, хранимых в ЦОД (2016 г. — 18%); объем данных, хранимых на устройствах, к 2021 г. в 4,5 раза превысит объем данных в ЦОД и достигнет 5,9 Зб. Благодаря развитию Internet вещей общий годовой объем сгенерированных различными устройствами (и не обязательно при этом сохраненных) данных к 2021 г. достигнет 847 Зб (2016 г. — 218 Зб). Объем сгенерированных данных превышает объем хранимых на два порядка (www.itrn.ru).

Тенденции в области виртуальных ЦОДов

По данным аналитического портала TechTarget, в 2018 г. ожидается дальнейшее развитие следующих инновационных технологий хранения данных.

- Программные (software-defined) ресурсы, такие как хранилища, будут предоставляться главным образом в виде контейнеров. В сочетании с динамическими операционными API-интерфейсами эти ресурсы составят очень гибкие программируемые инфраструктуры. Такой подход позволит производителям упаковывать приложения вместе с необходимой для них инфраструктурой в модули, которые можно развернуть где угодно, в том числе создавая облака для ЦОДов. Возможность развернуть ЦОД по запросу будет широко использоваться, например, при восстановлении после катастроф [4].

- Алгоритмы искусственного интеллекта или машинного обучения способны породить новые процессы управления хранением информации. Такие процессы смогут обучаться, корректировать операции и настройки для оптимизации нагрузки, быстро выявлять и устранять коренные причины аномалий, взаимодействовать с инфраструктурой хранения и управлять большими данными с целью минимизации затрат [4].

В качестве примера отметим новые разработки компании Oracle, которые были представлены

Я бы хотел, чтобы мы построили такой мир, в котором могли бы контролировать свою информацию, владеть ею.

Тим Бернерс-Ли

на конференции Oracle OpenWorld-2017 в г. Сан-Франциско. Это первая в мире автономная база данных Oracle Autonomous Database, в которой используются алгоритмы машинного обучения, чтобы снизить затраты времени на администрирование и настройку и устранить вероятность ошибки из-за "человеческого фактора". Еще один продукт, анонсированный на мероприятии, — Oracle Management Cloud. В это решение встроена система киберзащиты, которая автоматически обнаруживает уязвимости и атаки. Ее работа также основана на использовании алгоритмов машинного обучения для обеспечения кибербезопасности и управления ИТ (www.kommersant.ru).

- При организации структур хранения данных набирает популярность менеджмент как сервис (Management as a Service, MaaS). Любой массив хранения автоматически информирует службу технической поддержки о возникающих проблемах, анализирует управление и оптимизирует производительность. Ожидается, что компании будут управлять своими гибридными архитектурами с помощью облачных сервисов MaaS, и многие начнут отказываться от обременительного использования управляющего ПО на своей площадке [4].

- Многооблачное хранение данных. Одной из главных проблем, беспокоящих пользователей облаков, является привязка к конкретному вендору. Отсюда появилась тенденция создавать гетерогенное многооблачное решение подразумевающее, что с приложениями и данными можно работать в разных средах публичных облаков или переходя между публичным и частным облаком. Преимущества использования многооблачных систем для пользователей очевидны. При этом для разработчиков необходимость реализации данной концепции добавила новых задач. Дело в том, что перемещение данных в различные облака и из них сложнее, чем перемещение данных между собственными системами, и управление данными, сохраняемыми в разных облаках, требует нового подхода (www.itweek.ru).

Многие вендоры уже предлагают решения для концепции подлинно многооблачного хранения данных первичного уровня на базе программно-определяемой памяти (Software Defined Storage, SDS). В их числе компании Hedvig, Qumulo, Scality, SoftNAS и SwiftStack. Также известны случаи заявления вендоров о предоставлении ими многооблачности, но в реальности они предлагают многоярусность с использованием собственного облака или облачный сервис на базе близлежащих ЦОД, подразумевая применение технологии единого вендора (www.itweek.ru).

Согласно IDC, Software Defined Storage — это связка ПО систем хранения, которая может быть

установлена на любую вычислительную платформу, и предоставлять весь спектр услуг по хранению и объединению существующих ресурсов размещения данных, позволяя мобильно перемещать и перераспределять мощности хранения между этими ресурсами в зависимости от требований. Основными атрибутами SDS являются: работа без специализированных аппаратных платформ или компонентов; полный набор услуг по хранению — эквивалентно традиционным аппаратным системам; объединение множества существующих ресурсов хранения: внутренние диски, облако, другие внешние системы хранения данных или облачные/объектные платформы (habrahabr.ru).

Обеспечение надежной работы ЦОДов

Современные ЦОДы — это не только инженерная инфраструктура, созданию которой уделяется большое значение и посвящено множество публикаций в прессе, это также мощные вычислительные системы и наукоемкие алгоритмы обработки и хранения данных, аналитические системы, например, по контролю за правильным использованием возможностей ЦОДа. Для обеспечения надежной работы и мониторинга состояния всей этой инфраструктуры известные мировые вендоры создают специализированные платформы и отдельные инструменты. В качестве примеров отметим решения от компаний Cisco, Schneider Electric и АМДтехнологии.

Платформа Tetration Analytics компании Cisco

До недавнего времени не существовало единого инструмента, предназначенного для сбора телеметрических данных по всему ЦОД и масштабного анализа больших объемов данных в реальном времени. Организации выполняли отдельные задачи без необходимой для всестороннего решения операционных вопросов корреляции. При этом они использовали сложные, медленные и разрозненные инструменты.

Для решения этих проблем компания Cisco разработала платформу Tetration Analytics, позволяющую в реальном времени увидеть все, что происходит при работе ЦОД, — каждый пакет, каждый поток, скорости обработки и передачи информации (www.osp.ru).

В соответствии с предлагаемой концепцией программные сенсоры устанавливаются на окончательных хостах: виртуальных машинах или аппаратных серверах. Одно устройство Tetration может осуществлять мониторинг до миллиона уникальных потоков в секунду. Программные и аппаратные сенсоры в реальном времени передают данные о потоках на аналитическую платформу Tetration Analytics. Последняя может быть установлена в любом ЦОД с любыми серверами и сетевыми коммутаторами.

Платформа получает данные телеметрии от программных и аппаратных сенсоров и затем обрабатывает их с использованием «продвинутых» методов машинного обучения. Tetration Analytics непрерывно осуществляет мониторинг и анализ, что позволяет ИТ-менеджерам глубже понять процессы, проис-

ходящие в ЦОД, и существенно упрощает операции, направленные на обеспечение эксплуатационной надежности, миграцию приложений в облако и др.

Платформа Cisco Tetration Analytics обеспечивает (www.cisco.com):

- выявление зависимостей приложений друг от друга в ЦОД и в облачной среде;
- переход от реагирующей модели к упреждающей благодаря принятию обоснованных операционных решений и оценке эффекта изменения политик до их внедрения;
- осуществление поиска со скоростью <1 с с помощью поискового механизма Tetration и пользовательского интерфейса;
- постоянный мониторинг функционирования приложений для оперативного выявления любых отклонений.

По словам разработчиков, платформа Tetration играет роль своего рода машины времени, которая позволяет увидеть, что было в ЦОД в прошлом и что происходит сейчас, а также смоделировать то, что может произойти в будущем.

Решение EcoStruxure компании Schneider Electric

Платформа EcoStruxure имеет более широкий спектр применения, чем ЦОД. Она объединяет в единую экосистему пять важнейших областей специализации компании: управление электропитанием, технологическими процессами и оборудованием, ИТ-средой, инфраструктурой зданий и системами обеспечения безопасности. Применительно к ЦОДам платформу можно разделить на три уровня. Нижний уровень — это устройства с сетевыми интерфейсами, предоставляющие информацию для управления и последующего анализа. В современном ЦОДе — это «активные» системы (ИБП, кондиционеры) и элементы системы распределения питания и холодоснабжения. По сути, это те самые «вещи» Интернета вещей, предоставляющие данные в систему управления ЦОДом (www.osp.ru).

Средний уровень — комплексы DCIM (Data Center Infrastructure Management) и Edge Control, которые позволяют управлять оборудованием внутри и вне ЦОДа и осуществлять мониторинг в реальном времени на основе локальных систем, параллельно обрабатывая инциденты и предоставляя о них всю необходимую информацию пользователю.

Верхний уровень — это обработка больших данных, получаемых от одного или нескольких ЦОДов, связь между которыми устанавливает облачный сервис StruxureOn.

В облачную платформу данные о работе инженерных систем, полученные от одного или нескольких ЦОДов, поступают в обезличенном виде и анализируются программным обеспечением, а также экспертами Schneider Electric в рамках сервисов поддержки жизненного цикла ЦОДа (DCLS, Data Center Lifecycle Services). На основе этих данных строятся прогнозы и моделируются ситуации, учитывающие как прямые, так и косвенные события, например, как требуемые

изменения параметров ЦОДа, связанные с плановой заменой серверов, соотносятся со сменой температуры окружающей среды и т.д. На основе моделирования строится прогноз, и если он не устраивает владельца ЦОДа, прорабатывается сценарий с наиболее благоприятным исходом. Только после этого на объекте выполняются реальные работы.

Платформа Ecostruxure развивает концепцию Schneider Electric повышения взаимосвязанности элементов ЦОДа: от комплексных решений в области инженерной инфраструктуры на физическом уровне до глубокой интеграции с системами управления и службой эксплуатации ЦОДа на уровне данных и обработки информации (www.osp.ru).

Мобильное приложение АМДпомощник компании «АМДтехнологии»

Компания «АМДтехнологии» разработала мобильное приложение АМДпомощник для устройств на базе IOS и Android (amd-tech.ru). Данное приложение является многофункциональным инженерным калькулятором (amd-tech.ru).

Основные разделы программы — «Конвертер величин» и «Расчеты». Конвертер позволяет преобразовывать большое число единиц измерения. Раздел «Расчеты» включает алгоритмы расчета параметров различных инженерных подсистем технологических помещений. На данный момент это аэродинамика, гидравлика, инженерная геометрия, холодильная техника, теплотехнические расчеты, параметры влажного воздуха, система электроснабжения.

Используя мобильное приложение, пользователь может (amd-tech.ru):

- провести расчет воздухообмена для отвода тепла от серверного оборудования;
- осуществить подбор диаметра трубопровода для водяных систем в зависимости от мощности ИТ-оборудования;
- вычислить основные характеристики холодильного оборудования для ЦОД;

- сделать расчет теплоступлений для ЦОД;
- осуществить основные расчеты для системы энергоснабжения ЦОД.

Заключение

В современном понимании ЦОД — это комплексное организационно-техническое решение, предназначенное для создания высокопроизводительной и отказоустойчивой информационной инфраструктуры. При этом ЦОД — наукоемкая область, стимулирующая развитие алгоритмов обработки данных, машинного обучения, искусственного интеллекта, виртуальных вычислений и т.д.

Компании понимают, что вложения в организацию бесперебойной работы критичных ИТ-систем обходятся для многих видов бизнеса гораздо дешевле, чем возможный ущерб от потери данных в результате сбоя. Они оценивают преимущества от использования имеющихся на данный момент решений и выдвигают новые требования к разработчикам, заставляя последних искать новые подходы к организации хранения информации. Развитию ЦОД способствует также принятие законов, требующих обязательного резервирования ИТ-систем, появление рекомендаций по применению модели аутсорсинга ИТ-инфраструктуры, необходимость защиты бизнеса от природных и техногенных катастроф.

Список литературы

1. *Belady, Christian L.* In the data center, power and cooling costs more than the IT equipment it supports // *Electronics Cooling*. February 2007. pp. 24-27.
2. *Дочкин А.Е.* Экономическая оценка жизненного цикла системной инфраструктуры центров обработки данных // *Электронный журнал "Системы управления бизнес-процессами"*. 2010. Апрель.
3. *Харатишвили Д.* Центры обработки данных: вчера, сегодня, завтра // *Компьютер пресс*. 2007. №11.
4. *Сидоров А.* Технологии хранения данных: тенденции 2018 года // *PC WEEK*. 2018. Февраль.

*Аристова Наталья Игоревна — канд. техн. наук, старший научный сотрудник,
Чадеев Валентин Маркович — д-р техн. наук, проф., главный научный сотрудник
Института проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН.
Контактный телефон (495) 334-91-30.*

Новый ЦОД компании «Металлоинвест» в г. Старый Оскол

Компания «Металлоинвест» завершила в 2017 г. строительство нового ЦОД в г. Старый Оскол. Проект реализован в максимально короткие сроки - за 6 мес.

Предпосылками к созданию ЦОД стали несколько проектов «Металлоинвеста», требующих обеспечения высокого уровня ИТ-инфраструктуры. Это полномасштабное внедрение программы проектов на базе SAP S/4HANA, развертывание многофункционального центра обслуживания и организация нового офиса управляющей компании «Металлоинвест» (оба в Старом Осколе). Новый ЦОД также будет использоваться Оскольским электрометаллургическим комбинатом и обеспечивать потребности многих других централизованных информационных систем компании «Металлоинвеста».

Общая площадь ЦОД составляет более 300 м². Комплекс помещений ЦОД включает диспетчерскую, телекоммуникационную серверную, помещение серверной с двумя модулями «холодный коридор» для размещения стандартного серверного оборудования. Применение концепции «холодных коридоров» позволило использовать оборудование высокой плотности вычислений и разместить энергоемкие серверы класса Hi-End. Модульность конструкции ЦОД позволяет масштабировать его емкость. Максимальное энергопотребление

оборудования, размещенного в ЦОД, может достигать 0,4 МВт. Уровень надежности ЦОД соответствует стандарту Tier 3.

Система электроснабжения ЦОД с многократным резервированием позволяет производить автоматическое переключение нагрузки на централизованный источник бесперебойного питания с последующим вводом дизель-генераторной установки.

Комплексную безопасность в ЦОД обеспечивает система интеллектуального доступа. Помимо этого, в ЦОД установлены системы интегрированного видеонаблюдения и автоматического газового пожаротушения.

Автоматизированная система диспетчерского управления позволяет контролировать работу всей инженерной инфраструктуры ЦОД. Автоматизированное управление параметрами микроклимата и состояния оборудования значительно сокращает эксплуатационные затраты и повышает безотказность работы.

В ходе реализации проекта было смонтировано более 5 км волоконно-оптической линии связи, которая обеспечивает высокоскоростной обмен данными между площадками «Металлоинвеста» и ЦОД. Построенные линии гарантируют высокое качество связи и непрерывность используемых сервисов.

[Http://www.metalloinvest.com](http://www.metalloinvest.com)