













Инженерная инфраструктура для крупных дата-центров и ЦОДов с высокой энергетической плотностью



МГУ им. М.В. Ломоносова • Linxdatacenter • Сибирский филиал ОАО «МегаФон»
DataSpace • ТрастИнфо • КРОК • Telehouse Caravan • Курчатовский институт
ДатаЛайн • НПО «Сатурн» • Северо-Восточный федеральный университет
Технопарк-Мордовия

Содержание

	МГУ им. М.В. Ломоносова	4
	Linxdatacenter	8
	Сибирский филиал ОАО «МегаФон»	12
	DataSpace	16
	ТрастИнфо	20
	КРОК	23
	Telehouse Caravan	26
	Курчатовский институт	30
	ДатаЛайн	32
	НПО «Сатурн»	36
	Северо-Восточный федеральный университет	40
	Технопарк-Мордовия	42

Статьи «МГУ им. М.В. Ломоносова», Linxdatacenter, «Сибирский филиал ОАО «МегаФон», «ТрастИнфо», «КРОК», «Курчатовский институт» и «ДатаЛайн» подготовлены по материалам журнала СIO.



МГУ им. М.В. Ломоносова

Суперкомпьютер «Ломоносов», составляющий основу суперкомпьютерного комплекса Московского государственного университета (в него также входят СК «Чебышев» и Blue Gene/P) открывает новые перспективы перед научными коллективами. На сегодня СК «Ломоносов», пиковая производительность которого составляет 1,7 Пфлопс, является рекордсменом отечественного списка Топ-50 и занимает 13-ю строчку в мировом рейтинге самых мощных суперкомпьютеров Топ-500 (ноябрь 2011 г.).

Больше, лучше, быстрее...

Добыча нефти, лазерный термоядерный синтез, аэроакустические процессы, турбулентные течения, теплообменные потоки, магнитная гидродинамика, квантовая химия, сейсмические процессы, компьютерное моделирование лекарств, проблемы глобального изменения климата, криптография, биоинформатика, биоинженерия, астрономия, исследования в

области науки о материалах, фундаментальные основы нанотехнологий — вот далеко не полный перечень задач петафлопсного диапазона. Новый уровень производительности позволяет заменить экспериментальные и технологические проработки предварительным моделированием индустриальных задач. Это позволяет сделать качественный скачок в развитии отечественной фундаментальной и прикладной науки, стимулируя появление принципиально новых программных алгоритмов и продуктов, востребованных также и в коммерческой индустрии.

— Необходимость строительства СК «Ломоносов» стала очевидна практически сразу после того, как в самом начале 2008 года был запущен СК «Чебышев», — рассказывает Владимир Воеводин, заместитель директора НИВЦ МГУ. — Производительность «Чебышева» в 60 Тфлопс тогда казалась колоссальным рывком в сравнении с ресурсом 700 Гфлопс. Тем не менее, уже спустя три-четыре месяца после запуска «Чебышев» оказался полностью загружен, а потребность научных коллективов в вычислительных мощностях оставалась высокой. Очередь



«Для современного суперкомпьютера инфраструктурный проект первичен. Сделать хороший вычислитель — задача непростая, но принципиально решаемая. А вот построение инфраструктуры для СК уровня «Ломоносов» — проект сверхсложный».



Владимир Воеводин,
заместитель директора
НИВЦ МГУ

задач на обработку растягивалась на несколько дней. Для того чтобы размышлять о постановке новых задач, необходимо было сначала ликвидировать имеющийся вычислительный голод.

СК «Чебышев» оставался устойчивой, стабильно работающей завершённой системой, которая не предполагала каких-либо дальнейших шагов по ее развитию. Что же касается СК «Ломоносов», то его возможности значительно превосходили «Чебышева», но их не планировалось в будущем резко наращивать. На этапе запуска кластера «Ломоносов» пиковая производительность составляла 420 Тфлопс. Эти ресурсы были предоставлены 250 научным коллективам из подразделений МГУ, институтов РАН и других организаций России. Традиционно много ресурсов потребляют химики, физики, специалисты в области нанотехнологий. Серьезных мощностей требуют выполняемые в рамках учебных практикумов задачи в области биоинформатики, биоинженерии. Крупным потребителем ресурсов СК «Ломоносов» традиционно является нефтегазовый научно-образовательный центр, сотрудничающий с крупнейшими нефтяными компаниями. «На СК „Ломоносов“ мы с самого начала старались размещать задачи, соответствующие масштабам этого вычислителя, с тем, чтобы не дробить его ресурсы на множество мелких задач», — поясняет Владимир Воеводин.

Например, в сложных расчетах в области снижения уровня шумов самолетов, которые ведут научные группы из Института прикладной математики, может быть задействовано до 12—14 тыс. процессорных ядер. На определенных этапах решения этой задачи, возможно, потребуются использовать ресурсы всего кластера.

Флагман отечественной науки

Разработанный и построенный компанией «Т-Платформы» суперкомпьютер «Ломоносов» стал самым масштабным проектом в отечественной суперкомпьютерной индустрии не только по производительности, но и по числу используемых в нем передовых технологий. СК «Ломоносов» — это, по сути, «информационный завод», разместившийся в здании НИВЦ МГУ. В настоящее время он содержит более 35 тыс. вычислительных ядер, 86 Тбайт оперативной памяти, скоростные специализированные межсоединения для взаимодействия вычислительных узлов QDR Infiniband,

1,8 Пбайт внешней памяти. В нем используются три вида вычислительных узлов и процессоры с различной архитектурой: это обеспечивает максимальную производительность в решении конкретных задач. В качестве «строительного материала» применялись три типа вычислительных узлов компании «Т-Платформы»: T-Blade2, T-Blade 1.1, PowerXCell 8i. Основной тип узлов, обеспечивающих свыше 90% производительности суперкомпьютера, — T-Blade2, построенный на процессорах Intel Xeon X5570. Установка колоссальной мощности (2,6 МВт) функционирует в режиме 7x24x365 и требует надлежащего сопровождения. Перед установкой система прошла тщательное тестирование на производстве компании «Т-Платформы».

Инженерная среда для вычислителя

При создании сверхмощных компьютерных систем масштаба СК «Ломоносов» или «Чебышев» одной из наиболее сложных задач является проектирование инженерной инфраструктуры.

— Для современного суперкомпьютера инфраструктурный проект первичен, — убежден Владимир Воеводин. — Сделать хороший вычислитель — задача непростая, но принципиально решаемая. А вот построение инфраструктуры для СК уровня «Ломоносова» — задача сверхсложная, требующая глубокой специализации в области систем энергообеспечения, распределения питания, климат-контроля, пожаротушения, безопасности, управления.

При проектировании инженерной инфраструктуры СК «Ломоносов» бесценным оказался опыт создания СК «Чебышев». «Без «Чебышева» не удалось бы сделать новый СК, потому что сложность таких проектов нарастает нелинейно, — комментирует Воеводин. — Необходимо было предусмотреть решение самых разных проблем — от тепло-, шумоизоляции и прокладки контуров системы охлаждения до таких организационных вопросов, как выделение части автомобильной стоянки для размещения чиллеров».

Инфраструктура и СК «Чебышев», и СК «Ломоносов» проектировалась инженерами «Т-Платформы» так, чтобы исключить единую точку отказа. Резервирование всех элементов инфраструктуры позволяет при выходе из строя одного из них переключить функции на другие элементы, а отказавший компонент заменить.

Ключевые параметры СК «Ломоносов»

Пиковая производительность	1,7 Пфлопс
Число вычислительных узлов x86	5100
Число вычислительных узлов GPU	1065
Число процессоров	8892
Число процессорных ядер	35 776
Типы вычислительных узлов	TB2-XN, TB2-TL, TB1.1, PowerXCell 8i
Основной процессор	Intel Xeon X5570/X5670
Оперативная память	83 Тбайт
Система хранения данных	1,8 Пбайт

Ключевые параметры СК «Чебышев»

Пиковая производительность	60 Тфлопс
Реальная производительность	47,17 Тфлопс
Число вычислительных узлов	625
Число процессоров	1250
Число процессорных ядер	5000
Основной процессор	Intel Xeon E5472 3.0 GHz
Оперативная память	5,5 Тбайт
Занимаемая площадь	98 м ²
Система хранения данных	60 Тбайт



6 Инженерная инфраструктура для крупных дата-центров и ЦОДов с высокой энергетической плотностью

Комплекс инженерной инфраструктуры включает в себя систему бесперебойного питания, состоящую из двух ИБП APC Symmetra MW 1600 мощностью 1,4 МВт каждый. Все шкафы и системы распределения питания на уровне стойки представлены моделями APC by Schneider Electric. Максимальное потребление одной стойки еще недавно составляло 63 кВт, но сейчас незначительно возросло.

Для кондиционирования вычислительного зала применяется трехконтурная система: воздушное охлаждение блейд-шасси, снятие тепловой нагрузки процессорных плат с помощью межрядных водяных кондиционеров APC InRow, охлаждение водяного контура с помощью этиленгликоля, который выводится в теплообменник и далее охлаждается чиллерами. Запатентованная APC by Schneider Electric идея герметичного «горячего» коридора с исключением подмеса более холодного воздуха из общего пространства наряду с технологиями блейд-шасси «Т-Платформы» высокой плотности позволяет увеличить производительность водяного кондиционера в очень широких пределах: чем более горячий воздух попадает на вход кондиционера, тем выше величина теплоотдачи. Температура воды на выходе прецизионного кондиционера (фанкойла) при этом, конечно же, становится выше, но это всего лишь вопрос выбора режима работы чиллера.

На вопрос, почему было выбрано оборудование APC by Schneider Electric, Воеводин ответил: «Выбор поставщика оборудования определялся генеральным подрядчиком — компанией „Т-Платформы“, специалистам которой мы полностью доверяем. С нашей стороны не возникло никаких возражений, поскольку надежность и эффективность оборудования APC by Schneider Electric были проверены на предыдущем проекте».

Точки роста

За последние два года производительность СК «Ломоносов» удалось существенно нарастить, при этом архитектура кластера оставалась неизменной. Проблема была решена за счет внутренних резервов. К середине 2011 года производительность СК «Ломоносов» была увеличена до 1,3 Пфлопс за счет использования новых графических процессоров и графических карт. А в конце 2011 года производительность кластера была доведена до 1,7 Пфлопс путем добавления

трех серверных стоек, укомплектованных вычислительным оборудованием на базе графических процессоров.

Наиболее серьезные изменения коснулись инженерной инфраструктуры, когда мощность вычислителя скакнула с 0,5 до 1,3 Пфлопс путем добавления графической части. Тогда потребовалось внести небольшие изменения в контур системы охлаждения: непосредственно в машинном зале расширить часть трубопровода, по которому циркулирует вода, с тем, чтобы он охватил сегмент вычислителя с новыми графическими процессорами. При этом инженерная часть подсистем, обеспечивающих гарантированное электропитание и кондиционирование (внешние чиллеры, теплообменники) не менялась благодаря тому, что была сделана с хорошим запасом.

— Внесенные изменения были минимальны и были сделаны за пару недель, в течение которых СК «Ломоносов» был остановлен, — рассказывает Владимир Воеводин. — Нужно было разобрать небольшой участок пола, заварить трубы, закачать необходимое количество воды. Гибкость архитектуры кластера позволила выполнить эти работы, не затрагивая энергетические подсистемы в соседнем зале и не меняя конфигурацию подсистем охлаждения, находящихся вне помещения.

На текущий момент вычислительные ресурсы кластера обслуживают задачи более 550 научных коллективов. Часть процессорных мощностей задействована под учебный процесс.

— В настоящее время СК «Ломоносов» загружен на все 100%. В конце года нагрузка на систему становится просто колоссальной, — отмечает Воеводин. — Но дальнейшее расширение вычислительных мощностей «Ломоносова» вряд ли целесообразно, ведь для очередного скачка производительности потребовалось бы внести большие изменения в вычислительную и инженерную инфраструктуру. А это означает, что остановка кластера будет заведомо длительная и негативно отразится на работе огромного количества пользователей этой системы. Поэтому уже сейчас обсуждаются планы по созданию вычислителя нового поколения.

«Построение системы подобного масштаба трудно переоценить с точки зрения развития отечественной науки, — подчеркивает Владимир Воеводин. — Подобные системы должны использоваться на передовых рубежах российской экономики».

Инфраструктура в цифрах СК «Ломоносов»

Общая площадь около 1000 м ²
Площадь технологических залов 252 м ²
Энергопотребление вычислителя 2,6 МВт
Количество стоек 100
Стойки APC NetShelter
Макс. нагрузка на стойку превышает 63 кВт
ИБП 2 шт. APC Symmetra MW 1600 (1,4 МВт с резервированием N+1)
Кондиционеры APC InRow, HAC5
PDU APC by Schneider Electric



«Выбор поставщика оборудования определялся генеральным подрядчиком — компанией „Т-Платформы“, специалистам которой мы полностью доверяем. С нашей стороны не возникло никаких возражений, поскольку надежность и эффективность оборудования APC by Schneider Electric были проверены на предыдущем проекте».



Linxdatacenter

Компания Linxtelecom | Linxdatacenter в 2000 году начала свой бизнес провайдера телекоммуникационных услуг с приобретения нескольких телеком-активов в Европе. В течение десятилетия ей удалось расширить сферу деятельности и занять уникальную нишу, выйдя на рынок коммерческих центров обработки данных. Первый ЦОД Linxdatacenter был открыт в Таллине. В 2001 году компания вышла на российский рынок. В настоящее время в Москве, на улице 8 Марта, у нее имеются собственный центр обработки данных и точка обмена интернет-трафика М9.

За последние четыре года фокус бизнеса Linxdatacenter начал смещаться в сторону российских заказчиков. К моменту выхода на российский рынок компания провела анализ локального рынка дата-центров. Это исследование показало, что в русле дальнейшего развития бизнеса Санкт-Петербург занимает наиболее выигрышное положение: на тот момент лучший ЦОД в Северо-Западном регионе России представлял собой площадку размером не более 200 кв. м, а по уровню отказоустойчивости едва соответствовал первой категории. Вместе с тем спрос на высоко-

качественные сервисы продолжал расти, и в 2007 году Linxdatacenter приступила к строительству собственного дата-центра в Санкт-Петербурге, на ул. Репищева, 20. На этой площадке у Linxdatacenter также имеется точка обмена интернет-трафиком.

Первая очередь нового дата-центра в Санкт-Петербурге запущена в 2011 году. Обе российские площадки подключены к телекоммуникационной сети провайдера и составляют часть единой инфраструктуры, на базе которой заказчикам предоставляются передовые решения ЦОДов.

Бизнес со страховкой

Среди заказчиков Linxdatacenter в Санкт-Петербурге (многие из которых себя не афишируют) — международные и российские банки, крупные ритейлеры, интернет-провайдеры, ведущие поставщики оборудования для ИТ-рынка. Одних интересуют телекоммуникационные сервисы, других — услуги хостинга, третьи приобретают вычислительную инфраструктуру или прикладные сервисы из «облаков».

Сегодня на базе собственной сети ЦОДов Linxdatacenter обеспечивает полный комплекс решений: помимо типичного для коммерческих дата-центров сервиса хостинга ИТ-оборудования, клиентам доступен широкий перечень разнообразных услуг, в которых нуждается бизнес.



Планы развития дата-центра подразумевают реализацию архитектуры, превышающей требования Tier III. По этой причине концепция построения системы электроснабжения дата-центра в Санкт-Петербурге целиком базируется на архитектуре 2N: все элементы системы энергообеспечения дублируют друг друга.

Одним из таких сервисов является полное резервирование телекоммуникационной инфраструктуры для российских и европейских компаний.

Располагая опорным узлом в Амстердаме и объединенной в рамках единой телекоммуникационной сети инфраструктурой дата-центров в Санкт-Петербурге, Москве, Таллинне, Варшаве, компания Linxdatacenter сегодня предоставляет уникальный на рынке сервис по резервированию бизнеса — Disaster Recovery Center. Он подразумевает оперативное развертывание на площадке провайдера не только ИТ-инфраструктуры заказчика, но и рабочих мест для его персонала в случае наступления катастрофы (наводнения, пожара и так далее).

Это предложение подкрепляется тем, что, обладая собственной телекоммуникационной инфраструктурой, может полностью контролировать и управлять состоянием опорных узлов своей сети, протяженность волоконно-оптических линий которой составляет свыше 1 300 км, а общая длина превышает 8 800 км.

Услуга по обеспечению непрерывности бизнеса нацелена в первую очередь на финансовый сегмент. В частности, она предоставляется для крупных международных банков, являющихся заказчиками Linxdatacenter. «В случае наступления какого-то чрезвычайного события все элементы ИТ-инфраструктуры (скажем, торговые площадки) могут переместиться в резервный операционный центр и продолжить работу без перебоев для бизнес-процессов, — рассказывает вице-президент Linxdatacenter Марк Гиббс. — Например, по существующему у одного из заказчиков нормативу переброска рабочих мест занимает не более 15 минут, а на переключение бизнес-процессов (перевод всех бизнес-приложений и восстановление данных) будет затрачено всего 2 минуты».

О стратегической значимости запуска новой площадки Linxdatacenter свидетельствует тот факт, что на открытии первой очереди ЦОДа в Санкт-Петербурге присутствовал лично премьер-министр Нидерландов Марк Рютте.

В двух экземплярах

Планы развития дата-центра подразумевают реализацию архитектуры, превышающей требования Tier III. По этой причине концепция построения системы электроснабжения дата-центра в Санкт-

Петербурге целиком базируется на архитектуре 2N: все элементы системы энергообеспечения дублируют друг друга.

Энергообеспечение дата-центра ведется от двух независимых источников энергоснабжения — газопоршневой подстанции и городской энергосети. Третьим источником энергообеспечения является дизель-генераторная станция, спроектированная по топологии 2N. Централизованную защиту вычислительного и сетевого оборудования и инженерных систем обеспечивает подсистема бесперебойного энергообеспечения на базе ИБП Galaxy 7000 мощностью 500 кВА каждый.

Система энергораспределения, включая трансформаторы, ячейки, распределительные щиты и коммутационные аппараты, изготовлена на заводах концерна Schneider Electric.

Контроль подсистем ЦОДа

Linxdatacenter Санкт-Петербург построен в соответствии с требованиями Tier III. В будущем, когда все зоны дата-центра будут введены в строй, провайдер планирует проведение сертификации объекта в двух аспектах — на исполнительную документацию и непосредственно на само здание.

Для обеспечения непрерывной работы инженерной инфраструктуры в Linxdatacenter Санкт-Петербург используется программно-аппаратный комплекс класса BMS (Building Monitoring Services), который проводит мониторинг физической инфраструктуры здания и инженерных подсистем. Осуществляя полный контроль всего периметра здания и его подсистем, программно-аппаратный комплекс BMS охватывает различные аспекты управления, связанные с потреблением электроэнергии, управлением холодопроизводительностью, контролем доступа, протечек и т. д.

Одним из элементов общего контура управления зданием является подсистема управления инженерной инфраструктурой дата-центра StruxureWare. Инструменты управления позволяют предугадать сценарии поведения всех компонентов инженерной инфраструктуры и предотвратить наступление нежелательных событий. При малейшей вероятности возникновения угрозы вычислительные ресурсы заказчика могут быть перемещены в более стабильные области дата-центра в Санкт-Петербурге или на другие площадки.

В подсистемах пожаротушения, пожароохранной сигнализации и контроля среды используется оборудование ESMI, PLECO, TAC и Netbotz. Это оборудование также производится предприятиями концерна Schneider Electric.

Основа для бизнеса

Для компании Linxdatacenter направление ЦОДов составляет основу бизнеса, поэтому, в отличие от корпоративного объекта, основное внимание здесь уделяется глубокой экспертизе, эксплуатационной практике. Марк Гиббс отмечает три основных отличия коммерческих дата-центров от корпоративных. «Для успешного ведения бизнеса и предоставления сервисов надлежащего уровня на базе дата-центра очень важно соблюдать категоричность объекта, в то время как корпоративные объекты строятся и эксплуатируются в соответствии с теми задачами, которые на них возлагает бизнес», — говорит Марк Гиббс. Не менее важный момент — физическая безопасность. В случае коммерческого дата-центра этому фактору придается особое значение, тогда как в корпоративном дата-центре речь о выборе наиболее сильных инструментов защиты зачастую не идет. Наконец, третий фундаментальный аспект — это выбор самого здания, площадки, инфраструктуры. То есть выбор и строительство объекта в соответствии с такими показателями безопасности и надежности, которых в корпоративном дата-центре далеко не всегда получается достичь. «В коммерческом ЦОДе имеется возможность выбора и тщательного планирования, в то время как на корпоративном объекте приходится довольствоваться тем, что имеешь», — резюмирует Гиббс.

Ко всему прочему, в случае коммерческих дата-центров инвесторы заинтересованы в наиболее быстром возврате инвестиций, в то время как окупаемость таких инвестиций на обычном объекте часто растягивается во времени. «Сократить срок окупаемости вложений позволяет уникальное предложение сервисов и высокий уровень категоричности дата-центра, что является ключевым отличием от существующих корпоративных объектов», — поясняет Марк Гиббс. — Комбинация категоричности и добавленных сервисов помогает успешно реализовать эту задачу».

Точную стоимость капитальных расходов на строительство объекта назвать невозможно, но в целом бюджет первого этапа

проекта превышает 15 млн евро, что для корпоративного заказчика является весьма внушительной суммой.

В операционных расходах, как поясняет Марк Гиббс, есть две составляющие. Первая заключается в оптимизации дизайна, архитектуры объекта. Это как раз то, над чем Linxdatacenter тщательно трудится. Ряд партнеров, и в том числе Schneider Electric, в единой рабочей группе занимается оптимизацией такого рода.

Вторая составляющая операционных расходов — это затраты на эксплуатацию объекта, включающие расходы на персонал. «Это тот пункт, — продолжает комментировать Гиббс, — на котором нет смысла экономить, потому что уровень услуг, который предоставляет Linxdatacenter заказчикам, требует высокого качества поддержки жизнеобеспечения данного объекта. Весь персонал Linxdatacenter в Санкт-Петербурге будет набираться из высокопрофессиональных специалистов для работы в рамках должностных инструкций и соответствующих планов по эксплуатации, восстановлению объекта после отказов и так далее».

Ресурсы экономии

Тепло, выделяемое газовой станцией, непосредственно связано с архитектурой системы кондиционирования. От газовой станции оно поступает к абсорбционным чиллерам, благодаря чему на работу чиллера затрачивается минимум электроэнергии: фактически он питается теплом от газовой станции. В принципе, абсорбционные чиллеры предназначены для более теплого климата, но в комбинации с системой фрикулинга они и в российском климате обеспечивают довольно высокий уровень экономии.

Другой важный принцип организации системы кондиционирования связан с тем, что внутри серверных залов, где располагаются 244 стойки, обеспечивается изоляция горячего и холодного воздуха. «Режим работы всей подсистемы кондиционирования составлен таким образом, чтобы внутрикомнатные прецизионные системы охлаждения Uniflair TDCV3400A работали в режиме максимальной экономии», — поясняет Марк Гиббс. — В целом можно констатировать, что отдельные элементы системы кондиционирования в совокупности с газовой станцией позволяют минимизировать электропотребление для данного конкретного режима работы всего объекта».



«Если заказчик не будет менять расположение стоек, то в рамках заложенного дизайна данный объект может обеспечивать нагрузку на одну стойку до 20 кВт. Система управления StruxureWare позволяет анализировать текущее энергопотребление и при необходимости оптимизировать расположение оборудования внутри стойки. Системой кондиционирования можно управлять, нагнетая, например, больший расход воздуха в точки, которые этого требуют».



Марк Гиббс,
вице-президент
Linxdatacenter

Серверные стойки в вычислительном зале установлены по принципу чередования «холодных» и «горячих» коридоров. В «холодный» коридор воздух поступает через перфорационные отверстия из-под фальшпола, распределяясь по всей поверхности передней стенки серверной стойки. Достигая задней панели стойки, нагретый воздух поступает в «горячий» коридор и через воздуховоды выводится за пределы дата-центра. «Холодные» коридоры изолируются от внешней среды специальными панелями, что увеличивает эффективность работы кондиционеров.

«Когда происходило проектирование объекта, рассматривались различные сценарии централизованного кондиционирования, — рассказывает Гиббс. — Наибольшую эффективность продемонстрировал подход с герметизацией „холодных“ коридоров».

Фальшпол имеет многофункциональное назначение. Помимо того, что под ним циркулирует охлажденный воздух, там же находятся силовые и слаботочные кабельные линии. Оптические кабели размещены в специальных лотках и проложены над стойками. Во избежание паразитной рециркуляции воздуха на пустые отсеки в серверных стойках устанавливаются накладные фронтальные панели-заглушки.

«Если заказчик не будет менять расположение стоек, то в рамках заложенного дизайна данный объект может обеспечивать нагрузку на одну стойку до 20 кВт, — поясняет Марк Гиббс. — Система управления StruxureWare позволяет анализировать текущее энергопотребление и при необходимости оптимизировать расположение оборудования внутри стойки. Системой кондиционирования можно управлять, нагнетая, например, больший расход воздуха в точки, которые этого требуют». Существует план, по которому стойки можно будет передислоцировать или оптимизировать таким образом, что они смогут обеспечивать до 40 кВт теплоотдачи. Правда, для этого понадобится добавить отводящие воздуховоды для системы кондиционирования.

«Система кондиционирования сегодня спроектирована и реализована с некоторым избытком, — рассказывает Марк Гиббс. — Если планировать продвижение за 20 и до 40 кВт на стойку, то придется использовать специальные отводящие воздуховоды для того, чтобы повысить эффективность существующей сегодня в дата-центре системы кондиционирования. Той мощности, которая имеется сей-

час, а также запланированной и реализованной архитектуры вполне достаточно. Увеличение эффективности будет происходить за счет применения либо вытяжек, либо соответствующих доводчиков».

Масштабы и планы

В настоящее время общая площадь дата-центра составляет около 9 тыс. кв. м, а суммарное потребление электроэнергии достигает 5 МВт. В течение 12 месяцев запланировано выйти на уровень потребления 12 МВт. Изначально, когда шел процесс проектирования, инженерная инфраструктура дата-центра в Санкт-Петербурге создавалась в расчете 7 кВт на стойку. Но технологические изменения привели к необходимости обеспечить более высокую плотность мощности, что потребовало наращивания генерирующих мощностей всего дата-центра.

При текущем объеме генерации электроэнергии инженерная инфраструктура центра справляется с плотностью потребления электроэнергии до 2 кВт на стойку. Однако ЦОД развивается в сторону расширения. В настоящее время первая очередь уже завершена, эта зона в состоянии разместить 244 стойки. Вторая очередь сейчас находится в процессе строительства (запланировано 244 стойки), которое компания наметила завершить в 2012 году. Сроки строительства и запуска третьей очереди объекта зависят от того, как быстро будет заполняться вторая.

На данный момент «Linxdatacenter Санкт-Петербург» является самым крупным объектом компании. Однако руководство имеет грандиозные планы удвоить возможности московского дата-центра.





Сибирский филиал ОАО «МегаФон»

В Сибирском регионе компания «МегаФон» работает с 2003 года. В настоящее время сеть оператора запущена в коммерческую эксплуатацию в Кемеровской, Новосибирской, Томской, Омской областях, в Красноярском и Алтайском краях, республиках Хакасия и Тыва. Помимо технической инфраструктуры, компания имеет в своем составе географически распределенный колл-центр и большое количество офисов обслуживания клиентов, работающих на базе терминальных решений.

Дата-центр компании «МегаФон-Сибирь» введен в эксплуатацию в конце 2009 года. На сегодняшний день это крупнейший от Самары до Владивостока ЦОД площадью около 2 тыс. кв. м. и общей мощностью 1,6 МВт.

Основная задача, которая была поставлена перед проектировщиками этого дата-центра, — обработка и хранение всех данных компании «МегаФон» в Си-

бирском регионе. В этом центре функционируют как бизнес-критичные приложения (прежде всего работающая в режиме 24x365 биллинговая система), так и все внутрикорпоративные сервисы, включая ERP-системы, файловые системы, почтовые серверы, системы статистической отчетности, инфраструктурные и сетевые сервисы и т. д.

Новый ЦОД функционирует в режиме взаимного резервирования с другой площадкой — дата-центром мощностью около 350 кВт, построенным в Новосибирске в 2005 году. Архитектура типа «звезда» обеспечивает бесперебойную работу сервисов в круглосуточном режиме благодаря тому, что оба дата-центра — старый и новый — объединены мощными каналами связи.

Для управления рабочими местами в отделениях и филиалах оператора были использованы методы терминального доступа на базе технологий Citrix, позволяющей отделить пользовательские данные и настройки от конкретного персонального компьютера и сохранять их централизо-



«Использование компонентов инженерной инфраструктуры от одного производителя значительно упростило решение вопросов их интеграции и запуска в эксплуатацию».



Игорь Романов,
заместитель директора по
ИТ Сибирского филиала
ОАО «МегаФон»

ванно. «Экономичные способы работы в терминальном режиме позволили существенно снизить требования к каналам передачи данных и обеспечили безотказную и оперативную работоспособность сервисов во всех точках обслуживания клиентов», — рассказывает Игорь Романов, заместитель директора по ИТ Сибирского филиала ОАО «МегаФон».

«Звезда» Сибири

В данный момент в дата-центре размещено более 500 единиц серверов различного класса (от low-end до high-end уровня), около двух десятков дисковых массивов, сетевое и каналобразующее оборудование, оборудование связи и многое другое. Суммарная установочная мощность — 1,6 МВт. Реальное энергопотребление в настоящее время достигает 800 кВт. В зимнее время, при переходе на фрикулинг, энергопотребление снижается до 550 кВт. Рассчитанные на постепенное заполнение вычислительные мощности дата-центра сегодня заняты более чем на 50%.

Новый дата-центр сибирского «МегаФона» представляет собой отдельное здание, состоящее из двух автозалов и вспомогательных помещений. Общая площадь дата-центра составляет около 2 тыс. кв. м. Разделение дата-центра на автозалы обусловлено использованием оборудования разного типа, с разным энергопотреблением и разным тепловыделением. В одном из автозалов установлено оборудование, потребляющее свыше 6 кВт на шкаф. Теоретически мощность на шкаф может достигать до 70 кВт.

Разрешенная мощность данного автозала (в режиме резервирования оборудования ИБП 2N+1) составляет 600 кВт. В этом зале установлено несколько стоек с блейд-серверами, четыре из которых заполнены четырьмя блейд-корзинами. Фактическое энергопотребление шкафа, полностью укомплектованного блейдами, составляет 32 кВт. Температурный режим с точностью до 1 °С поддерживается при помощи кондиционеров APC InRow.

В другом автозале, площадью 460 кв. м., размещаются стойки с нагрузкой менее 6 кВт. Поддержание необходимых климатических условий в данном автозале осуществляется за счет охлаждения из под фальшпола.

Два независимых ввода и дизель-генераторные установки, включенные в режиме N+1, обеспечивают первую особую категорию электропитания объекта. Автоматы ввода резерва и ГРЩ также зарезервированы.

Основой инженерной инфраструктуры дата-центра стало комплексное решение APC InfraStruxure. Защиту серверного оборудования обеспечивают два модульных источника бесперебойного питания Symmetra MW (модули по 200 кВт). Максимальная мощность каждого ИБП составляет 800 кВт (600 кВт в режиме N+1). Система в целом работает в режиме 2N+1, обеспечивая питание нагрузки 600 кВт. В режиме 2N источники могут обеспечить бесперебойное питание повышенной нагрузки — до 800 кВт.

О масштабе дата-центра свидетельствует тот факт, что количество портов внутренней СКС только одного автозала составляет более трех тысяч единиц, при этом половина портов — оптические.

Инженерная инфраструктура (АВР, шинопроводы, ГРЩ, устройства распределения питания, ИБП Symmetra, кондиционеры InRow, системы контроля и управления, системы доступа в шкаф и многое другое) выполнена на базе решений Schneider Electric. «Использование компонентов инженерной инфраструктуры от одного производителя значительно упростило решение вопросов их интеграции и запуска в эксплуатацию, а в дальнейшем — управления, мониторинга и обслуживания», — отмечает Игорь Романов.

Фабрика холода

Охлаждение систем в одном автозале осуществляется с помощью технологии изоляции воздушных потоков в стойке Rack Air Containment System (RACS), а также кондиционеров, работающих на основе водяного цикла с использованием чиллерной воды (линейка APC InRow). «Обе системы обеспечивают точечный отвод тепла с высоконагруженных стоек: APC InRow — до 16 кВт на стойку, APC RACS — выше 16 кВт. Мы одними из первых в России начали применять системы RACS и InRow, как только они появились на рынке, — рассказывает Игорь Романов. — Конечно, сегодня уровень потребления 70 кВт на стойку — это цифра расчетная, она закладывалась с учетом будущего развития дата-центра. Реальное потребление полностью укомплектованной блейд-серверами стойки пока достигает 32 кВт».

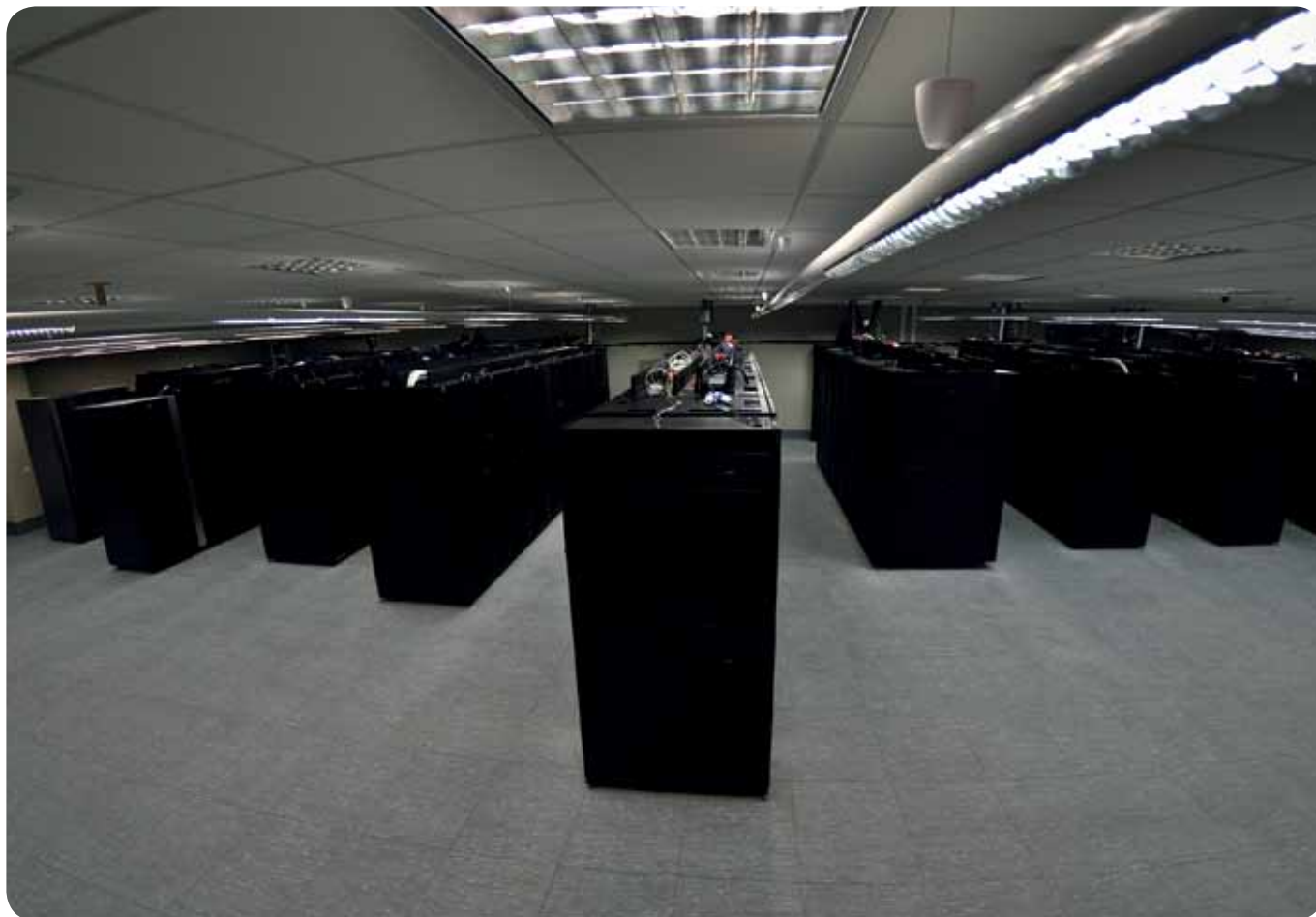
Системы InRow отлично адаптируются к изменениям в дата-центре при его заполнении, которое всегда происходит неравномерно. «В нашей практике заполнение ЦОДа всегда осуществляется скачкообразно, однако система InRow позволяет

Инфраструктура в цифрах

Общее энергопотребление	1,6 МВт
Занимаемая площадь	2000 кв. м (два зала)
Стойки	APC NetShelter
Макс. нагрузка на стойку	60 кВт
ИБП	2 шт. Symmetra MW по 800 кВА
Кондиционеры	APC InRow
PDU	APC by Schneider Electric
АВР	Schneider Electric



«Мы одними из первых в России начали применять системы RACS и InRow, как только они появились на рынке. Конечно, сегодня уровень потребления 70 кВт на стойку — это цифра расчетная, она закладывалась с учетом будущего развития дата-центра. Реальное потребление полностью укомплектованной блейд-серверами стойки пока достигает 32 кВт».



наращивать мощность охлаждения, масштабируя систему по мере необходимости и избегая зон перегрева, с которыми иные способы охлаждения не смогли бы справиться. За последние годы система кондиционирования постепенно наращивается. По мере добавления серверного оборудования добавляются и межрядные кондиционеры, теперь их число увеличено так, что через каждые три шкафа устанавливается кондиционер APC InRow.

Принципиально важно, что климатическая система построена с применением энергосберегающих технологий: в ней используются автоматические помпы (изменяющие свою мощность в зависимости от температуры хладагента — увеличивают свою мощность лишь с повышением нагрузки), подстраиваемые по скорости вентиляторы и трехходовые клапаны в InRow-кондиционерах (ограничивает проток хладагента, если в зоне действия кондиционера нет нагрузки — холодная вода через кондиционер не перетекает в горячий контур). По мере добавления серверов нагрузка растет, клапаны InRow открываются, вентиляторы начинают вращаться быстрее, помпы также увеличивают свою мощность — система постепенно выходит на номинальный режим работы. Во втором автозале, где мощность на стойку не превышает 6 кВт, вопрос кондиционирования решен централизованно благодаря классической технологии — подаче холодного воздуха из-под фальшпола.

Секреты экономии

Для того чтобы снизить потребление электроэнергии, в дата-центре «МегаФона» реализована технология фрикулинга (free cooling), основанная на использовании естественно охлаждаемого воздуха. Среднемесячная температура в Новосибирске на протяжении 7 месяцев в году не поднимается выше +1 °С, а фрикулинг на чиллерных системах работает в температурном диапазоне от +4 °С и ниже. Охлаждающий фреоновый контур в режиме фрикулинга при температуре ниже +4 °С отключается, а чиллер холодопроизводительностью 400 кВт при номинальном потреблении 160 кВт работает в режиме потребления 0—15 кВт. «Теоретические расчеты показывают, что только на одном фрикулинге мы экономим около 6 млн руб. в год», — подчеркивает специалист.

Предпроектные работы по дата-центру начались летом 2008 года, пуско-наладочные работы — летом 2009 года, а в декабре 2009 года состоялось официальное

открытие площадки. К этому времени несколько сервисов уже функционировали в полустововом режиме. ЦОД не требует постоянного обслуживания, все системы управляются удаленно, а привлечение персонала необходимо только в случае нестандартных ситуаций или при монтаже нового оборудования.

Внешние сервисы

Начиная с 2011 года, дата-центр компании «МегаФон-Сибирь» не только обеспечивает потребности своих бизнес-подразделений, но и предоставляет услуги внешним клиентам. Причем это не только услуги хостинга: начиная с 2011 года заказчикам «МегаФон-Сибирь» стали доступны облачные услуги.

Среди внешних клиентов дата-центра — компании из различных отраслей, в том числе банки, розница и даже разработчики популярных в России программных приложений. При этом заказчики могут не только разместить в дата-центре собственное вычислительное оборудование или арендовать его у провайдера. Наибольший интерес и для клиентов, и для провайдера сегодня представляет реализация облачных услуг типа IaaS, PaaS, SaaS.

«Небольшие и средние предприятия, заинтересованные в организации офиса продаж, склада или бухгалтерии, за небольшие деньги пользуются разнообразными услугами из облака в нашем дата-центре, — рассказывает Игорь Романов. — Архитектура дата-центра готова к такому решению. Все шкафы оборудованы электронной системой доступа, управляются удаленно, любое открытие фиксируется системой мониторинга и на видеокамеру. Заказчики получают права доступа к своим ресурсам и сами управляют этим процессом».

Учитывая, что абонентская база «МегаФона» продолжает расти, в компании возникают новые проекты, требующие выделения новых вычислительных мощностей. «Инженерная инфраструктура дата-центра обеспечивает очень хороший потенциал для дальнейшего развития. Благодаря технике APC by Schneider Electric нет необходимости закупать заранее весь перечень необходимых компонентов, — говорит Игорь Романов. — Особенность нашего ЦОДа состоит в возможности постепенного наращивания серверной группировки и добавлении мощностей систем охлаждения и электропитания в горячем режиме без остановки работы узлов».



«Инженерная инфраструктура дата-центра обеспечивает очень хороший потенциал для дальнейшего развития. Благодаря технике APC by Schneider Electric нет необходимости закупать заранее весь перечень необходимых компонентов».



DataSpace

DataSpace — владелец одного из крупнейших в России коммерческих ЦОДов. Организация специализируется на комплексных проектах по разработке, строительству и эксплуатации коммерческих дата-центров.

DataSpace является стопроцентно российской компанией и полностью принадлежит Фонду Russia Partners, который является одним из крупнейших фондов прямых инвестиций в России. В состав руководства DataSpace входят ведущие эксперты США и Европы по центрам обработки данных, а также российские специалисты, имеющие широкий опыт эксплуатации и управления объектами высокой сложности.

Дата-центр DataSpace стал первым инженерным объектом в России и Восточной Европе, сертифицированным Uptime Institute по категориям Tier III на проектную документацию и введенный в эксплуатацию объект.

В планах руководства — строительство в Москве еще пяти дата-центров, сертифицированных Uptime Institute.

Бизнес-инжиниринг

Дата-центр DataSpace привлек к себе внимание как участников рынка ЦОДов, так и заказчиков системным подходом к реализации проекта в точном соответствии с требованиями, предъявляемыми Uptime Institute к объектам категории Tier III.

«Дата-центр — это прибыльный актив для любой современной экономики, — подчеркивает Дэвид Хэмнер, президент DataSpace. — На российском рынке ЦОДов сложилась парадоксальная ситуация: при том, что основной спрос сконцентрирован в Москве, здесь не было дата-центров, соответствующих мировым стандартам. Банки и финансовые учреждения для хранения своих данных строили небольшие собственные дата-центры либо использовали вычислительные ресурсы в рамках модели аутсорсинга. Некоторые хранили информацию в офшорных зонах. Эту нишу мы и решили занять».

При планировании дата-центра в первую очередь была определена фокусная группа, для которой предназначены услуги этого объекта. «Многие интернет-компаниям не нуждаются в обеспечении чрезвычайно высокого уровня безопасности и резервирования инженерных подсистем, им вполне достаточно получить место в



Применение системы фрикулинга позволило объекту DataSpace выйти на показатель энергоэффективности PUE=1,4. Летом это значение несколько выше, зимой ниже, но в среднем он находится на современном мировом уровне существующих объектов Tier III.

стойке, иногда даже безо всяких соглашений об уровне предоставляемого сервиса, — рассказывает Дэвид Хэмнер. — Но для заказчиков, непрерывность процессов для которых является критически важной, требования к отказоустойчивости и безопасности иные. Наш дата-центр — для тех клиентов, чей бизнес не допускает перебоев в доступе к информационным ресурсам». Заказчики дата-центра DataSpace — это преимущественно финансовые и телекоммуникационные компании, а также сервис-провайдеры ИТ-услуг.

«Выведение непрофильных активов, в частности ЦОДов, из хозяйственной деятельности предприятий является сильной глобальной тенденцией — отмечает Олег Письменский, директор по развитию направления «Центры обработки данных» корпорации Schneider Electric. — Размещая ИТ-оборудование в коммерческих дата-центрах, подобных DataSpace, предприятие таким образом не только снижает затраты, но и обеспечивает соответствующий уровень отказоустойчивости и безопасности своих информационных ресурсов».

«Для того чтобы проект был реализован надлежащим образом, соблюдены сроки и финансовые условия его выполнения, требуется строгая проектная и строительная дисциплина, — отмечает Евгений Аверкиев, менеджер проекта Schneider Electric. — Обеспечительной мерой для исполнения этой дисциплины стало привлечение всемирно известных архитекторов, инженеров и корпораций при надзоре независимых экспертов из Uptime Institute».

Uptime Institute разработал специальную методику приемо-сдаточных испытаний дата-центра, а эксперты этой организации контролировали все этапы проекта. Так, например, было проведено ситуационное моделирование, а в ходе нагрузочных испытаний — создание отказов различных ключевых элементов подсистем объекта.

Слаженное взаимодействие, строгая проектная дисциплина и жесткое соблюдение регламента позволили безукоризненно провести испытания. Объект продемонстрировал запланированную эксплуатационную готовность. Все системы показали надлежащие результаты, что было соответствующим образом отражено в приемо-сдаточных протоколах испытаний. Результаты испытаний стали основой для успешного прохождения аудита Uptime Institute».

Коллектив, отвечающий за успешность приемо-сдаточных испытаний, состоял из

представителей Andrew Reid and Partners, Mercury Engineering, DataSpace и ряда других ключевых организаций, в том числе и Schneider Electric. «Команда специалистов Schneider Electric выполнила комплекс работ под ключ по проектированию, монтажу и вводу в эксплуатацию подсистемы ИБП объекта, — рассказывает Александр Мироненко руководитель подразделения „Профессиональные сервисы“ Schneider Electric. — Многолетний опыт работы с ЦОДами различного назначения обеспечил надлежащую реализацию данного ответственного участка системы энергообеспечения».

«Резервирование всех подсистем обеспечивает оперативное проведение плановых и ремонтных работ в штатном режиме, позволяя не прерывать эксплуатацию объекта. Наш ЦОД соответствует самым высоким стандартам реализации инженерных систем, уровню надежности и безопасности», — подчеркивает Дэвид Хэмнер.

Инвестиционный подход

Строительство дата-центра «с нуля» было неприемлемо для DataSpace из-за длительности проекта. Более предпочтительным представлялся вариант с переоборудованием уже имеющегося здания. При выборе площадки для строительства компания DataSpace провела оценку более 190 возможных объектов в Москве и Московской области. В итоге была выбрана площадка близ станции метро «Дубровка». Именно здесь, в бывшем здании шинного завода, построенном в 1950-е годы, разместился первый дата-центр компании DataSpace. Получив здание в полную собственность, компания DataSpace преобразовала его в мегаЦОД.

Сертификат Tier III Facility на первый построенный ЦОД был получен в сентябре 2011 года, а в первом квартале 2012 года объект был введен в эксплуатацию. С момента запуска не было ни одного случая перебоя в работе дата-центра. И это несмотря на часто возникающие во входной сети перепады электричества.

Общая площадь дата-центра составляет 6 тыс. кв. м, площадь фальшпола — 3 тыс. кв. м. Все пространство для ИТ-нагрузки разделено на 12 серверных залов (data-halls), все они идентичны и располагаются на втором, третьем и четвертом этажах. Каждый зал площадью около 250 кв. м позволяет разместить до 100 стоек.

Инфраструктура в цифрах ЦОД DataSpace-1

Общая площадь
6000 кв.

Площадь фальшпола
3000 кв. м

Общее
энергопотребление
8,5 МВт

Кол-во серверных залов
12

Энергопотребление зала
360 кВт

Площадь зала
250 кв. м

Стойки
1056 шт. APC NetShelter

Ср. нагрузка на стойку
4,1 кВт

PDU
APC by Schneider Electric

Мониторинг батарей
APC Battery Management System

ИБП
6 шт. APC Symmetra MW
мощностью 1 МВт
каждый

Всего на территории в районе Дубровки будут размещены три дата-центра (включая уже построенный), общая площадь которых составит 21 тыс. кв. м, площадь фальшпола — 12 тыс. кв. м. Общее энергопотребление трех объектов, в которых будут размещены 50 серверных залов, составит около 40 МВт.

Инженерные подсистемы

Энергообеспечение объекта ЦОД DataSpace1 осуществляется напрямую от двух городских подстанций по шести независимым входным линиям. Первый этаж объекта занимают технические помещения. В них располагаются дизель-генераторные установки и системы бесперебойного энергообеспечения: для каждой из шести независимых электрических цепей предусмотрена отдельная дизель-генераторная установка и отдельный ИБП. На выделенной огороженной территории находятся углубленные в землю баки с дизельным топливом: при отключении центрального электроснабжения все шесть баков, каждый емкостью 33 тыс. литров, обеспечивают примерно 84 часа непрерывной работы дата-центра при полной нагрузке (если все залы заполнены), с возможностью дозаправки без остановки ДГУ. Помимо основного стратегического запаса топлива, в каждой комнате, где установлен ДГУ, имеется расходный топливный бак объемом 950 литров каждый.

Каждый серверный зал имеет энергообеспечение 360 кВт и снабжается электроэнергией от двух независимых лучей. Заказчики могут в нем располагать оборудование с любой плотностью мощности. Устройства распределения электроэнергии подключаются к двум независимым лучам и снабжают ИТ-оборудование из двух независимых источников. Все критически важные механические системы центра также подключены через распределительные щиты к двум независимым источникам.

Всего на объекте установлено шесть ИБП APC Symmetra MW с комплектами батарей мощностью 1 МВА каждый. Все шесть ИБП находятся в работе, и в случае отказа одного из них остальные равномерно распределяют нагрузку между собой. Благодаря архитектуре системы энергообеспечения, а также модульной архитектуре ИБП при отказе одного блока внутри ИБП или полностью источника не возникает отключения нагрузки в целом.

Состояние батарей контролируется с помощью системы мониторинга APC Battery Management System: информация с каждого аккумулятора поступает на выделенный сервер, а в случае отказа хотя бы одного аккумулятора оператору отправляется уведомление.

С целью оптимизации расхода электроэнергии проектировщики отдали предпочтение системе охлаждения с режимом естественного свободного охлаждения (фрикулинг). В условиях очень жаркой погоды для данной климатической зоны система также полностью обеспечивает охлаждение объекта. Фальшпол серверных имеет возможность изменения размещения плит, допуская определенную свободу размещения оборудования и стоек, а потолок с креплениями для установки систем дополнительного съема тепла позволяет варьировать в широком диапазоне плотность мощности. Применение системы фрикулинга позволило объекту DataSpace выйти на показатель энергоэффективности PUE=1,4. Летом это значение несколько выше, зимой ниже, но в среднем он находится на современном мировом уровне существующих объектов Tier III.

При отключении городского электроснабжения генератору требуется 10—15 секунд для запуска в работу — в течение этого времени энергообеспечение поддерживается от аккумуляторов (его хватает с большим запасом — примерно на 12 минут при полной нагрузке дата-центра).

«Первоначально мы рассматривали различные схемы бесперебойного электроснабжения ИТ-оборудования, — рассказывает Дэвид Хэмнер. — В частности, выбирали между статичными системами ИБП и динамическими роторными источниками. Но в итоге отдали предпочтение более традиционному способу. В портфеле решений Schneider Electric есть такие системы, а сама корпорация является нашим надежным партнером, с подтвержденной положительной репутацией».

Управление, безопасность и контроль

ЦОД DataSpace-1 оснащен самой современной системой обеспечения безопасности, предназначенной для предотвращения несанкционированного доступа к оборудованию. Круглосуточное присутствие охраны на объекте дает максимальные гарантии безопасности. Контроль доступа и цифровая запись видео с камер



«Первоначально мы рассматривали различные схемы бесперебойного электроснабжения ИТ-оборудования, В частности, выбирали между статичными системами ИБП и динамическими роторными источниками. Но в итоге отдали предпочтение более традиционному способу. В портфеле решений Schneider Electric есть такие системы, а сама корпорация является нашим надежным партнером, с подтвержденной положительной репутацией».



Дэвид Хэмнер,
президент DataSpace

наблюдения осуществляются круглосуточно, в непрерывном режиме.

Доступ в помещения с критическим оборудованием, включая посты охраны, центр управления и коридоры с размещенным оборудованием, контролируется карточками доступа и сканерами сетчатки глаза. Вход в охраняемую зону приема посетителей осуществляется через шлюзовую кабину, оснащенную считывателями карточек доступа и отпечатка ладони. Вход в серверные залы контролируется посредством карточек доступа и считывателей биометрических данных (сканирование отпечатка ладони). Все коридоры, входные двери и другая критическая инфраструктура контролируются системой видеонаблюдения, оснащенной датчиками движения и возможностью цифровой видеозаписи, хранящейся не менее трех лет. Видеокамеры, расположенные по внешнему периметру здания, обеспечивают полный обзор всей территории объекта. Предусмотрены отдельные разгрузочные ворота, а также уличный склад для тех грузов, которые приходят ночью.

Внутри здания организовано отдельное помещение для размещения стоек и оборудования лицензированных провайдеров, выбранных клиентами DataSpace. К данному помещению подводятся шесть кабельных каналов диаметром 100 мм, ведущих к основной (северной) и дополнительной (южной) точкам ввода телекоммуникационных линий, предоставляющих доступ к М9 и М10. От помещения с оборудованием провайдеров к каждому из серверных залов проложено по два кабельных канала диаметром 100 мм.

Для размещения персонала клиентов DataSpace и обеспечения возможности аварийного восстановления будет выделено 2—200 кв. м. офисных помещений.

Система управления объектом (BMS) взаимодействует со всеми инженерными подсистемами в режиме реального времени. Контроль и управление этими системами, в том числе решениями Schneider Electric, полностью соответствуют стандартам Uptime Institute.

В центр управления поступает информация обо всем оборудовании и датчиках, установленных по периметру машинных залов, о состоянии батарей, о работе электрических схем, системы охлаждения, температурно-влажностном режиме, информация с камер наблюдения и охранных систем. В эту комнату, помимо

основного контроля, при проходе на этаж требуется дополнительная проверка по сетчатке глаза и индивидуальным картам доступа.

Эксплуатация

Эксплуатация ЦОДа осуществляется в строгом соответствии с планом эксплуатации объекта, включающего в себя комплекс административных и технических мер, регламентирующих процессы, должностные инструкции, планирование проведения всех надлежащих мероприятий в течение месяца и на год вперед. План восстановления после аварий, являющийся неотъемлемой частью плана эксплуатации объекта и включает Соглашение об уровне сервиса оборудования инженерных подсистем, обеспечивающее 15-минутное реагирование, прибытие на площадку в течение 4 часов и восстановление в определенные сроки.

Все эксплуатационные процессы, в том числе и планирование, поддерживаются специальной ИТ-системой, используемой службой эксплуатации. DataSpace готовится к сертификации системы и плана эксплуатации объекта по классу Uptime Gold и планирует получить такой сертификат в октябре 2012 года.

На создание площадок для размещения оборудования дата-центра было привлечено 250 млн долл. иностранных инвестиций. Генеральным подрядчиком проекта стала компания Mercury Engineering. «По нашим данным, Москва может принять на себя шесть полностью сертифицированных дата-центров, три из которых будут располагаться в центре города, а три — в районе кольцевой автодороги, — резюмирует Дэвид Хэмнер. — Один дата-центр уже запущен в эксплуатацию. Мы намерены построить еще пять».





ТрастИнфо

Идея о выходе на рынок коммерческих дата-центров появилась у руководства компании «Ай-Теко» в 2007 году не случайно. Многие корпоративные заказчики уже тогда начали проявлять интерес к услугам коммерческих ЦОДов, однако этот сегмент ИТ-рынка в России еще находился в начальной стадии формирования: на тот момент специалисты определяли дефицит услуг дата-центров на российском рынке в количестве 8 тысяч стойко-мест.

Сегодня у «ТрастИнфо» более 40 прямых крупных корпоративных заказчиков из коммерческого и государственного сектора, заинтересованных в аутсорсинге доверенной ИТ-инфраструктуры, на которой они могли бы реализовать свои бизнес-процессы с высокой гарантией надежности и безопасности. Свой коммерческий ЦОД компания «Ай-Теко» так и назвала — «ТрастИнфо». Инфраструктуре «ТрастИнфо» сегодня доверяют многие отечественные и зарубежные корпоративные клиенты, в числе которых ГК «Норильский никель», МШУ «Сколково», Сбербанк, «Тройка Диалог», ВТБ, Федеральное казначейство и другие.

Ставка на надежность

Дата-центр «ТрастИнфо», запущенный в эксплуатацию в 2008 году, — один из крупнейших в России коммерческих ЦОДов уровня Tier III, размещенный на единой площадке в Москве, на режимной территории ОАО «НИЦЭВТ».

Объект изначально проектировался по стандарту TIA-942 и рекомендациям Uptime Institute в соответствии с категорией Tier III. Пассивные системы распределения (щитовые устройства, трубопроводы), которые на практике редко резервируются, в дата-центре «ТрастИнфо» построены по схеме 2N с физическим разнесением дублированных элементов. Активные системы, спроектированные исходя из принципа избыточности N+1, объединены в группы. Характерно, что все регламентные работы в дата-центре проводятся без остановки инженерных систем.

Доступность ЦОДа «ТрастИнфо» составляет 99,982%. В соответствии с расчетами, сделанными исходя из требований Uptime Institute для дата-центров уровня отказоустойчивости Tier III, на стадии проектирования данный подход обеспечивает в совокупности не более 1,6 часа простоев в год. «За последние три года мы ни разу не приблизились к данному показателю, — поясняет Алексей Медунов, начальник



«Из одних рук мы получили комплексное решение: ИБП, стойки, системы распределения питания, мониторинг, а также сервис и узнаваемость бренда для заказчиков. Это удобно в плане управления проектом и выгодно с точки зрения ценообразования и дальнейшего продвижения»



Алексей Медунов, начальник отдела внедрения инженерных систем департамента Центр разработки инфраструктурных решений «Ай-Теко»

отдела внедрения инженерных систем департамента Центр разработки инфраструктурных решений компании „Ай-Теко”. — Суммарная длительность простоев на протяжении трех лет эксплуатации дата-центра составила 15-20 минут. Максимальные перерывы в каждом конкретном инциденте продолжались несколько минут, и то лишь на локальных серверах. Причиной всех инцидентов был человеческий фактор. Отказывала не техника: ошибки допускали люди».

Запуск мощностей дата-центра «ТрастИнфо» осуществлялся поэтапно, блок за блоком. Весь дата-центр организационно разделен на 4 зоны (блока), фактически на 4 автономных дата-центра. Каждая из четырех зон «ТрастИнфо» представляет собой самостоятельный дата-центр, включающий в себя два машинных зала, оснащенных автономной инженерной инфраструктурой. Каждая зона обеспечена собственной системой гарантированного электропитания (4 ИБП MGE Galaxy 6000/7000 по 400 кВА производства APC by Schneider Electric, общей мощностью 1600 кВА) и системой кондиционирования. Общими подсистемами у всех четырех модулей является комплектная подстанция из восьми трансформаторов (четыре двухтрансформаторные), состоящая из двух независимых блоков, и кольцевой коллектор с аккумулялирующим баком, обеспечивающий дополнительную степень надежности функционирования трубопровода. Отходящие от него трубы тянутся к каждому кондиционеру, и если случится протечка или более серьезная авария, проблемный участок можно локализовать довольно просто в любом месте трубопровода, переключив движение хладоносителя по обходному пути.

В настоящее время в эксплуатацию полностью введены три модуля. Запуск четвертого намечен на апрель 2012 года, а к концу 2012 года планируется запуск пятого модуля, который находится в стадии проектирования. Первые 4 модуля одинакового размера, площадь каждого составляет 400 кв. м (2 x 200). Каждый из залов рассчитан на установку 90—100 стоек. Площадь пятого модуля составляет около 270 кв. м. Общая площадь дата-центра вместе с прилегающей территорией составляет 6000 кв. м, само здание ЦОДа занимает 4000 кв. м. Общее потребление электроэнергии дата-центра составляет 6400 кВА. Поддержка оборудования ЦОДа по питанию от ИБП — до 45 мин.

За счет поэтапного ввода мощностей дата-центра обеспечивается масштаби-

руемость инженерных систем, параметры которых могут быть адаптированы в соответствии с характером вычислительной нагрузки.

Машинные залы построены как отдельные герметичные зоны внутри основного здания дата-центра. Оборудование защищено от всех внешних воздействий — влаги, пыли, дыма, электромагнитного излучения. Стены и двери машинных залов облицованы специальными материалами с огнестойким покрытием. Инженерные системы располагаются вне машинных залов.

Автоматы ввода резерва, шинопроводов, блоков распределения питания изготовлены на заводах Schneider Electric. Стоечные блоки распределения питания в первом зале собраны в единую сеть для мониторинга электроснабжения каждой стойки. В других залах это делается лишь по требованию заказчиков.

«С технологической точки зрения система Galaxy 6000/7000 оказалась лучшим решением в требуемом классе мощности и отказоустойчивости, — рассказывает Алексей Медунов. — К тому же из одних

Инфраструктура в цифрах

Полезная площадь
3000 кв. м

Энергопотребление
6,4 МВА

Структура
4 блока, 8 герметичных машинных залов по 200 кв. м каждый

Средняя нагрузка на стойку
5 кВт

ИБП (4 шт. на один блок)
MGE Galaxy 6000/7000 по 400 кВА

Стойки
800 шт. APC NetShelter

PDU
APC by Schneider Electric

Система мониторинга
StruxureWare



рук мы получили комплексное решение: ИБП, стойки, системы распределения питания, мониторинг, а также сервис и узнаваемость бренда для заказчиков. Это удобно в плане управления проектом и выгодно с точки зрения ценообразования и дальнейшего продвижения».

Каждый машинный зал рассчитан на 100 стоек со средним энергопотреблением около 5 кВт. Модульная структура дата-центра допускает возможность уплотнения нагрузки в расчете на одну стойку: в этом случае количество стоек уменьшается без увеличения общей мощности потребления залом и без потери надежности. Инженерная инфраструктура с высокими нагрузками справляется легко: максимальное энергопотребление одной стойки может составлять 15 кВт, без дооснащения дополнительными средствами кондиционирования воздуха. В целом вариация нагрузок в дата-центре небольшая. Колебание в течение суток — не более 10%.

Время поддержки оборудования ЦОДа по питанию составляет до 8 ч на одной заправке ДГУ, общий уровень доступности достигает 99,98%. Дата-центр подключен к двум точкам обмена интернет-трафиком — ММТС-9 и ММТС-10. Присутствие таких операторов связи, как «РТКОММ», «Билайн», «Мегафон», «Комстар», «Филанко/Ситителеком», «Медиа-Альянс», «Комкор», обеспечивает заказчикам «ТрастИнфо» широкие возможности по резервированию телекоммуникационной инфраструктуры.

Стойки дата-центра активно заполняются. Первые три зоны «ТрастИнфо» укомплектованы практически полностью.

Операционная эффективность

Одним из условий функционирования коммерческого ЦОДа является минимизация затрат без ущерба для надежности. Важнейшим пунктом в сфере оптимизации расходов стал принцип снижения затрат на электропитание. «С точки зрения энергоэффективности подход был довольно простым, — рассказывает Алексей Медунов. — Если решение окупало себя в течение трех–пяти лет, оно принималось к внедрению, даже если альтернативное стоило меньше».

Оптимизация энергопотребления достигнута за счет применения высокоэффективного аккумулятора холода, водоохлаждающих машин с компрессо-

рами Turbosog, вентиляторов прецизионных кондиционеров с приводом ЕС, использования технологии фрикулинга, энергоэффективного освещения, а также управления работой инженерной инфраструктуры в зависимости от загрузки серверов. Благодаря перечисленным мерам общее энергопотребление удалось снизить на 26%. «Среднегодовое значение PUE „ТрастИнфо“ сегодня достигает 1,5, в то время как для традиционного ЦОДа оно составляет около 2,17. Это хороший показатель даже в сравнении с лучшими образцами дата-центров в мире», — подчеркивает Алексей Медунов.

Дорога в «облака»

На базе дата-центра «ТрастИнфо» реализована облачная платформа и витрина облачных сервисов «АйОблако», посредством которой заказчики могут быстро, буквально с нуля, развернуть, например, систему многоточечной видеоконференц-связи высокой четкости с неограниченным числом участников; воспользоваться рабочими приложениями Microsoft Office (электронную почту, интернет-конференции, документы и календари) для организации совместной работы; получить доступ к веб-приложениям для автоматизации удаленной работы территориально распределенных групп сотрудников, включающей в себя программы электронной почты, ее защиты (Postini), хранения и редактирования офисных документов в режиме онлайн; создать интерфейс портала самообслуживания клиентов для заблаговременного резервирования вычислительных ресурсов виртуализированных сред, включая сетевые ресурсы и ресурсы хранилищ данных; организовать интернет-магазин и многое другое. В состав предложения входят гарантии безопасности бизнес-класса, обеспечиваемые инструментами Microsoft.

«Платформа для предоставления сервисов из облака повышает эффективность ведения бизнеса во множестве областей, — подчеркивает Алексей Медунов. — Наши заказчики существенно повысили уровень утилизации серверов и систем хранения, ускорили доступ к сервисам и сократили время, необходимое для управления изменениями и релизами. Теперь они платят лишь за использование ресурсов. Срок окупаемости сервисов, развертывание которых прежде исчислялось годами, снизился до нескольких месяцев».



КРОК

За годы работы на ИТ-рынке компания «КРОК», один из ведущих российских системных интеграторов, реализовала несколько десятков крупных проектов по созданию корпоративных центров обработки данных. Обширные знания и богатый опыт, приобретенные в ходе решения подобных задач, воплотились в лучших идеях в ходе строительства собственных дата-центров КРОКа.

На российском рынке все чаще исполнителями проектов по созданию коммерческих дата-центров становятся системные интеграторы, строящие собственные дата-центры для нужд аутсорсинга. У этой модели есть неоспоримое преимущество: с одной стороны, исполнитель не забывает о рентабельности и всячески ускоряет сроки возврата инвестиций. С другой — эксплуатация подобного дата-центра целиком в сфере ответственности самого интегратора, выступающего теперь уже в роли владельца площадки, который заинтересован в предоставлении каче-

ственных сервисов для своих заказчиков. Подобный коммерческий проект — дата-центр с уровнем надежности Tier III — компания «КРОК» завершила в середине 2011 года.

Джентльмены удачи

Дата-центр на аутсорсинг был создан в рекордно короткие сроки: этап проектирования начался в июле 2010 года, а уже в июле 2011 года заказчик разместил в центре стойки со своим оборудованием. На начальном этапе работ проектировщики получили план цокольного помещения площадью чуть более 1 000 кв. м в здании, представляющем собой многоярусную парковку автомобилей. Электрическая мощность, выделенная для электропитания дата-центра, составляет 2 МВт.

«Площадь помещения и выделенная электрическая мощность стали отправными точками при проектировании дата-центра, — рассказывает Руслан Заединов, заместитель генерального директора и



Средняя нагрузка на стойку составляет 10 кВт. Это выше, чем в среднем по рынку. А максимальная нагрузка на стойку зависит от ее расположения в машинном зале и может достигать 22 кВт.

руководитель направления центров обработки данных компании «КРОК». — Параметры помещения позволяли разместить до 110 стандартных стоек оборудования со средним потреблением до 10 кВт: это раза в два выше, чем в среднем по рынку.

Уже тогда стало ясно, что ресурсы дата-центра с такими параметрами будут необходимы заказчику, имеющему много высоконагруженного оборудования. Оценив комбинацию производственной удачи и потребностей потенциального заказчика, мы успешно реализовали этот проект».

Масштаб и гибкость

На вопрос о том, есть ли различия в требованиях, предъявляемых к инженерной инфраструктуре коммерческих и корпоративных дата-центров, Руслан Заединов отвечает утвердительно:

— Во-первых, оно состоит в необходимой гибкости, которую нужно обеспечить в будущем разным заказчикам. А во-вторых, еще и в масштабе: аутсорсинговый центр не может быть маленьким, иначе он будет просто невыгодным.

В то же время обычный корпоративный ЦОД может иметь и небольшие размеры, потому что это определяется потребностями конкретной компании, где слово «выгода» по отношению к дата-центру не стоит на первом месте.

Площадь центра обработки данных — чуть более 1 000 кв. м, включая все вспомогательные помещения, общая подводимая мощность — 2 МВт. Вычислительный зал площадью 750 кв. м вмещает 110 стандартных стоек шириной 600 мм. К моменту размещения стоек с оборудованием заказчика машинный зал был полностью оборудован всеми инженерными подсистемами, включая системы кондиционирования и электропитания, и в настоящее время лишь доукомплектовывается серверными стойками.

Средняя нагрузка на стойку составляет 10 кВт. Это выше, чем в среднем по рынку. А максимальная нагрузка на стойку зависит от ее расположения в машинном зале и может достигать 22 кВт.

Система электропитания

Электропитание центра осуществляется от двух независимых генераторов одной и той же ТЭЦ. Дополнительную защиту электропитания обеспечивает дизельная группа. Автоматы ввода резерва и щитовое оборудование (главный распределительный щит и все групповые щиты)

изготовлены на базе компонентов концерна Schneider Electric.

Централизованная защита электропитания ЦОДа решена нетипичным способом. Система включает в себя четыре источника бесперебойного питания, по два на каждый ввод. Мощность каждого источника — 1 МВт. Два ИБП по 2 МВт обеспечивают полное резервирование по схеме 2N. Каждый из них представляет собой динамический ИБП с вращающимся маховиком. Выбор такого типа источников обусловлен экономией площади помещения и удобством обслуживания. Такой ИБП не требует климатической системы, в нем отсутствуют традиционные свинцовые аккумуляторные батареи, нуждающиеся в эксплуатационном надзоре. Для повышения отказоустойчивости система оснащена двумя стартерами.

Фабрика холода

Источниками холода являются размещенные на кровле здания четыре моноблочных чиллера со встроенными модулями фрикулинга. Это холодильные машины с номинальной холодопроизводительностью 370 кВт. Мощность чиллера на фрикулинге составляет 250 кВт при температуре плюс 5 градусов, что является высоким показателем. Если одна из машин находится в резерве, то при нулевой или чуть более низкой температуре система выходит на полный фрикулинг, обеспечивая серьезную экономию электроэнергии.

В вычислительном зале дата-центра для размещения труб с хладоносителем задействовано пространство под фальшполом высотой 10 см (ввиду небольшой высоты помещения). В качестве хладоносителя используется жидкость пропиленгликоль, позволяющая работать при низких температурах.

— Температура жидкости в подающей трубе составляет 10 градусов, а отводящей трубы — минус 15, — поясняет Владимир Осипов, руководитель направления систем кондиционирования департамента автоматизации инженерных систем компании «КРОК». — Такая разница температур обеспечивает энергоэффективный режим работы чиллеров и позволяет экономить на увлажнении благодаря тому, что воздух не осушается.

«Спиной к спине»

Серверные стойки размещены рядами и развернуты «спиной к спине», образуя «горячие» и «холодные» коридоры.



Руслан Заединов,
заместитель генерального
директора и руководитель
направления центров
обработки данных
компании «КРОК»



Владимир Осипов,
руководитель направления
систем кондиционирования
департамента автоматизации
инженерных систем
компании «КРОК»

Группы серверных стоек перемежаются со стоящими парами внутрирядными кондиционерами типа фанкойл производства APC by Schneider Electric. Расчетная холодопроизводительность каждого кондиционера в системе с резервированием составляет 25 кВт. При аварийной ситуации оставшиеся кондиционеры способны обеспечивать до 30 кВт холода каждый.

Такая конфигурация вычислительного зала не оставила выбора системы охлаждения: единственным приемлемым вариантом оказалось решение APC InRow.

«Помещение имеет внушительную площадь, но при этом высота потолка и высота фальшпола невелики, — рассказывает Руслан Заединов. — При таких условиях мы просто физически не смогли бы сделать правильную систему раздачи воздуха, если бы использовали шкафные прецизионные кондиционеры с подачей холодного воздуха под фальшпол». Система кондиционирования гибкая. Она позволяет изменять мощность стоек в определенном диапазоне.

«В пределах ряда конфигурацию стоек можно изменять, — поясняет Владимир Осипов. — Если в какой-то стойке появляется большее энергопотребление, можно произвести некоторую перестановку, установив такую стойку ближе к потоку холодного воздуха. В существующей конфигурации в настоящее время у нас нормально функционируют стойки, которые потребляют 22 кВт. Правда, такие стойки не передвигаются, у них стационарное место».

Кондиционер забирает горячий воздух сзади и выдувает холодный вперед. Вентиляторы в стойках с ИТ-оборудованием работают в противоположном направлении: из «холодного» коридора воздух попадает на переднюю поверхность стойки, проходит через оборудование, нагревается и подается в «горячий» коридор.

Благодаря тому что потолок в помещении занижен, он обеспечивает естественную изоляцию холодного и горячего воздуха, не допуская перетоков.

— Этот интересный прием строителям дата-центров стоит взять на вооружение, — считает Руслан Заединов. — Высокие потолки принято считать нормой. Конечно, это очень удобно для монтажника при прокладке очередного кабеля к стойке, но с точки зрения охлаждения потолок лучше занижать.

Для обеспечения надежности функционирования трубопровода предусмотрен

кольцевой коллектор, обеспечивающий еще одну степень резервирования. От коллектора отводящие трубы идут к каждому фанкойлу APC InRow. Любой участок трубопровода, если там случится авария или просто протечка, локализовать довольно просто, переключив движение хладоносителя по обходному пути. Данное схемное решение соответствует уровню надежности Tier III.

Эксплуатацией центра обработки данных занимаются две команды специалистов: одни обслуживают инженерную систему, другие — ИТ-инфраструктуру. Диспетчерская служба всего здания ведет круглосуточный мониторинг состояния всех инженерных подсистем дата-центра. Для этого привлекается квалифицированный, специально обученный персонал. Мониторинг инженерных подсистем осуществляется с помощью программно-аппаратного комплекса StruxureWare, интегрированного в общую диспетчерскую систему.

ЦОД введен в эксплуатацию лишь в середине года, поэтому о среднегодовом значении показателя PUE говорить еще рано. Но, по текущим оценкам, он не будет превышать 1,3.





Telehouse Caravan

Созданная в 1996 году компания «Караван» предоставляет корпоративным пользователям широкий спектр телекоммуникационных услуг, в перечне которых подключение к Интернету, телефония, передача данных, организация виртуальных частных сетей, защита бизнес-приложений, виртуальный хостинг, физический хостинг, регистрация доменных имен.

Собственная волоконно-оптическая сеть, на базе которой «Караван» реализует свои услуги фиксированной связи, охватывает территорию Москвы. В 2008 году компания «Караван» запустила стратегически важный проект: комплекс дата-центров Telehouse Caravan, площадь которого превышает 1000 кв. м.

По итогам 2011 года компания «Караван» вошла в Топ-20 рейтинга «50 наиболее стратегических телекоммуникационных компаний, предоставляющих услуги связи на территории России» (ИНЭС РАН) и ранкинга «Крупнейшие поставщики ЦОД, 2011» (CNews Analytics).

Уникальная концепция

Проектирование нового центра обработки данных компания «Караван» начала в 2007 году. На тот момент компания уже приобрела опыт проектирования собственных коммерческих ЦОДов и имела четкое представление о том, каким техническим параметрам они должны соответствовать. «Мы знали о тенденциях в области коммерческого ЦОДостроения, видели тренд увеличения энергетической плотности размещаемого оборудования, связанный, в частности, с переходом на виртуализацию, — рассказывает Андрей Касьяненко, заместитель генерального директора телекоммуникационной компании «Караван». — С учетом этих тенденций мы стремились создать технологическое решение, которое, кроме надежности, соответствовало бы таким основным требованиям, как эффективность эксплуатационных расходов и максимально длинный жизненный цикл».

Реализуя коммерческий ЦОД, исполнитель не должен забывать о рентабельности, он также заинтересован приблизить срок возврата инвестиций. В данном случае проектировщик выступал и в роли владельца, в сфере ответственности которого находится эксплуатация данного



«APC InfraStruxure позволяет установить высоконагруженные серверные стойки в любой точке этой инфраструктуры и при этом не тратить избыточные ресурсы на питание и охлаждение несуществующей нагрузки».



Андрей Касьяненко,
заместитель
генерального директора
телекоммуникационной
компании «Караван».

объекта, и был заинтересован в предоставлении качественных сервисов для своих заказчиков. Поэтому при строительстве объекта вопросы надежности и эффективности были в приоритете.

«Telehouse Caravan — это наш коммерческий инструмент. Мы хотели построить современный ЦОД как минимум III категории надежности, с максимально большим сроком жизни, который отвечал бы повышенным требованиям к энергетической плотности размещаемого оборудования длительный период времени», — поясняет Андрей Касьяненко.

Основная сложность состояла в том, чтобы при обеспечении требуемого уровня надежности максимально использовать имеющиеся ресурсы. Задача оптимизации осложнялась еще и тем, что решалась на фоне нестатичной нагрузки, как это и бывает в коммерческих ЦОДах, где выполняются в разное время самые разные задачи. Сильные динамические изменения нагрузки приводят к тому, что ее сложно прогнозировать.

Исследование рынка ЦОДов на тот момент, в 2007 году, показало, что средняя нагрузка на стойку составляет порядка 7 кВт. «Тогда эта цифра была предельной для ЦОДов, — отмечает Андрей Касьяненко, — но мы понимали, что данный показатель будет расти. Поэтому при проектировании собственного комплекса дата-центров заложили расчетную цифру по энерговооруженности — 30 кВт на стойку».

В силу коммерческой специфики проекта нагрузка рядом стоящих стоек может быть очень разной. В непосредственной близости друг от друга могут находиться стойки, одна из которых потребляет 30 кВт, а вторая — 5 кВт. А через месяц все может быть наоборот: вторая стойка вполне может потреблять 30 кВт. «Это основная сложность для любого оператора ЦОДа, — говорит Касьяненко. — Ни один из интеграторов не взялся за ее решение, мы решали этот вопрос сами. Мы взяли на себя функцию генерального проектировщика, составили исчерпывающий список ключевых параметров и четко сформулировали ТЗ. Получилась уникальная концепция комплекса дата-центров».

Специфика Telehouse Caravan

Telehouse Caravan был создан за короткий срок: этап проектирования начался в 2007 году, а в 2008 заказчики разместили в этом комплексе свое оборудование.

Электрическая мощность, подводимая от двух независимых подстанций для электропитания ЦОДа, составляет 2 МВт, но в настоящее время суммарно объект потребляет 1 МВт. Все промышленные энергетические системы — автоматы ввода резерва, главный распределительный щит — построены с использованием комплектующих Schneider Electric.

«Площадь помещения и выделенная электрическая мощность стали отправными точками при проектировании Telehouse Caravan, — рассказывает Андрей Касьяненко. — Уже на этом этапе стало понятно, что из-за особенных требований, предъявляемых к инженерной инфраструктуре коммерческих ЦОДов, данному объекту необходимо было обеспечивать гибкость, чтобы в будущем предлагать разным заказчикам удобные решения. Другая особенность касалась масштаба комплекса: аутсорсинговый ЦОД не может быть маленьким, иначе он будет невыгодным».

Каждый дата-центр (гермозона), входящий в состав комплекса Telehouse Caravan, построен с использованием технологии изоляции «горячих» коридоров HACS (Hot Aisle Containment System). В каждом дата-центре — по шесть кондиционеров, которые чередуются с серверными стойками. Максимальная нагрузка на дата-центр с учетом резервирования N+1 может достигать 300 кВт.

Инженерная инфраструктура Telehouse Caravan создана на основе комплексного решения APC InfraStruxure. В его состав входит подсистема кондиционирования, построенная по принципу внутрирядного охлаждения с использованием кондиционеров APC InRow мощностью до 60 кВт каждый.

Инфраструктура в цифрах

Подводимая мощность
2 МВт

Потребляемая мощность
(в среднем)
1 МВт

Максимальная нагрузка
на гермозону
300 кВт

Стойки
APC NetShelter

Макс. нагрузка на стойку
30 кВт

Кондиционеры
APC InRow

PDU
APC by Schneider Electric

ABP
Schneider Electric





«Примененное решение для внутрирядного охлаждения в едином конструктиве с изоляцией „горячего“ коридора выбрано не случайно, — подчеркивает Андрей Касьяненко. — Помимо надежности и качественного сервиса, данное решение обеспечивает максимальную степень гибкости при любых изменениях в размещении оборудования. APC InfraStruxure позволяет установить высоконагруженные серверные стойки в любой точке этой инфраструктуры и при этом не тратить избыточные ресурсы на питание и охлаждение несуществующей нагрузки».

Кроме того, что мощность, потребляемая разными стойками, может сильно отличаться, в каждом выделенном дата-центре можно создавать свои уникальные условия, как по энерговооруженности, так и по климатическим требованиям. При этом дата-центры абсолютно не зависимы друг от друга.

Комплекс кондиционирования работает по принципу забора воздуха из «горячего» коридора (патент APC by Schneider Electric). Контур водяного охлаждения обеспечивают два моноблочных чиллера мощностью 750 кВт каждый. В холодное время года охлаждение водяного контура обеспечивает система фрикулинга.

Помимо кондиционеров, в состав комплексного решения APC by Schneider Electric входят также стойки, блоки распределения питания и система мониторинга электропитания APC InfraStruxure Central.

Система мониторинга в режиме реального времени отслеживает поведение элементов инфраструктуры и снимает показатели потребления электроэнергии. «Мы не ограничиваем клиентов по объему электроэнергии. Но перед нами стоит непростая задача: обеспечить надежное функционирование клиентских приложений и вместе с тем высокий уровень эффективности Telehouse Caravan в условиях сильно варьируемых нагрузок. Эту задачу с успехом решает оборудование APC by Schneider Electric».

Серверной стойке, например, которой в данный момент времени требуется 30 кВт электроэнергии, завтра может понадобиться 10 кВт. Клиент получит требуемый ресурс и будет платить лишь за то, что он реально использует. Заказчикам это особенно выгодно, если у них применяется решение высокой плотности мощности. Эту гибкость как раз и обеспечивает инженерное оборудование.

В будущем компания «Караван» планирует предоставлять на базе Telehouse Caravan услуги из облака. В этом случае динамика вариации нагрузок станет еще выше. Но инфраструктура ЦОДа к этому готова.

Эволюция объекта

Генеральным подрядчиком проекта стало собственное подразделение компании «Караван», контролирующее работу всех привлеченных исполнителей. Telehouse Caravan введен в эксплуатацию в 2008 году и плавно развивался на протяжении минувших четырех лет. В 2011 году в этом комплексе была запущена новая очередь независимых дата-центров. Telehouse Caravan размещен в промышленном здании, электропитание осуществляется от двух фидеров независимых подстанций. Резервная дизель-генераторная установка обеспечивает гарантированное электропитание объекта. В настоящее время идет заполнение дата-центров по объему и растет энергопотребление всего объекта.

«Практика эксплуатации ЦОДа подтвердила верность наших расчетов, — говорит Андрей Касьяненко. — Конечно, сложно сказать, когда в развитии комплекса наступит финальная стадия. Эволюция Telehouse Caravan диктуется рынком, то есть определяется спросом. Но гибкая инфраструктура позволяет ему развиваться как экстенсивно, по количеству размещаемого оборудования, так и интенсивно, путем естественной замены клиентами своего оборудования на более энергоэффективное. Как эти процессы будут распределены по времени — неизвестно. Но наше решение предусматривает и тот и другой рост».





Курчатовский институт

Существует определенный класс задач, которые имеет смысл выполнять лишь на сверхмощных компьютерах, и сфера науки является одним из самых активных потребителей таких систем. Суперкомпьютер обеспечивает существенное ускорение расчетного цикла при решении задач, оперирующих огромными объемами данных или связанных со сложными расчетами.

Один из таких вычислителей сегодня функционирует в суперкомпьютерном центре обработки данных НИЦ «Курчатовский институт», который был запущен в конце 2010 года.

Основной задачей нового дата-центра, построенного в НИЦ, является обеспечение высокопроизводительных вычислений, включая задачи предсказательного моделирования и инженерно-физических расчетов, а также вычисления с высокой пропускной способностью с использованием ГРИД-технологий для моделирования, обработки, анализа и хранения данных экспериментов на научных мегаустановках. Подобного рода задачи потребовали создания вычислительных кластеров суммарной производительностью более 300 Тфлопс, построенных на принципах параллельной обработки данных, и петабайтных хранилищ данных.

Строительство ЦОДа

Активная фаза реализации проекта стартовала в четвертом квартале 2008 года, когда была выпущена рабочая документация на реконструкцию здания, включающая создание инженерной инфраструктуры ЦОДа «с нуля». Работы по ее развертыванию были начаты осенью 2009 года. Проектирование, монтаж и пусконаладку инженерных систем вели группы компаний IBS и «Борлас».

Полезная площадь дата-центра для установки серверного оборудования — 1 400 кв. м. Общая трансформаторная мощность, подводимая к центру, составляет 15 МВА. Энергопотребление полезной нагрузки вычислительного комплекса в настоящее время достигает 3,5 МВА. На сегодня в дата-центре функционируют стойки с энергопотреблением 6, 22 и 33 кВт.

Погода в дата-центре

Особое внимание в ходе проекта было уделено системе холодоснабжения и кондиционирования.

«Задачи хранения и обработки данных мегаустановок (десятки петабайт в год) предъявляют повышенные требования к надежности и доступности оборудования, размещенного в модулях, — рассказывает Василий Велихов, заместитель директора



Реализованное решение позволяет устанавливать оборудование с удельным энергопотреблением до 50 кВт на стойку.

по информационным технологиям НИЦ «Курчатовский институт». — Выполнение этих требований лежит в плоскости проектирования инженерной инфраструктуры дата-центра. Ее построение стало, пожалуй, наиболее сложным этапом всего проекта. Изначально мы требовали от проектировщиков надежного и гибкого решения. Проектирование проводилось так, чтобы исключить единую точку отказа. При выходе из строя одного или нескольких элементов инфраструктуры резервирование позволяет переключить нагрузку на другие элементы, а отказавший компонент — заменить. Реализованное решение позволяет устанавливать оборудование с удельным энергопотреблением до 50 кВт на стойку: для этого не потребуются серьезных переделок, достаточно модифицировать компоновку кондиционеров».

Система охлаждения вычислительного зала включает в себя три контура. Помимо воздушного охлаждения шасси, применяется снятие тепловой нагрузки с помощью межрядных водяных кондиционеров APC InRow.

Теплоноситель водяного контура охлаждается посредством теплообмена с чиллерной водой. Запатентованная APC by Schneider Electric технология герметизации «горячего» коридора исключает подмес холодного воздуха из общего пространства и позволяет увеличить производительность водяного кондиционера за счет большей величины теплосъема (которая возникает из-за большей разницы температуры всасываемого кондиционером горячего воздуха и температуры решетки теплообменника).

«Изначально мы планировали комплексную поставку вычислительного оборудования совместно с охлаждающими стойками, — поясняет Василий Велихов. — Но на момент поставки такое решение обладало худшими параметрами резервирования и имело меньшие эффективную и предельную мощности охлаждения. Решение с внутрирядными кондиционерами APC InRow, с изоляцией «горячих» коридоров, позволило исключить эти недостатки и одновременно повысить экономическую эффективность».

Охлаждение третьего и четвертого модулей выполнено по стандартной технологии охлаждения шкафными прецизионными кондиционерами посредством чередования «горячих» и «холодных» коридоров с подачей воздуха из-под фальшпола.

Вся трубная разводка скрыта под фальшполом. Для бесперебойного охлаждения установлены баки-аккумуляторы и выделенная группа ИБП, обеспечивающая гарантированное электропитание кондиционеров и насосов. Резервирование системы выполнено по схеме N+1, причем есть возможность вывода некритичных модулей из работы для повышения надежности в пользу критичной нагрузки.

Моноблочная чиллерная группа включает в себя две параллельных системы, в каждой — 3 чиллера мощностью по 900 кВт. Одна группа чиллеров работает на вычислительный кластер (1-й и 2-й модули), обеспечивая работу межрядных кондиционеров. Вторая группа чиллеров обеспечивает холодоснабжение 3-го и 4-го модулей. У 1-го и 2-го предусмотрена независимая кольцевая схема трубопровода для переключения водяных токов в случае аварии или протечки. В 3-м и 4-м дублирование обеспечивается на уровне двух контуров труб.

Установленные чиллеры имеют встроенную функцию каскадного фрикулинга, что позволяет объединить холодопроизводительность, получаемую от фрикулинга всех чиллеров, включая резервный. Тем самым повышается диапазон температуры, при котором используется свободное охлаждение и, соответственно, сокращается энергопотребление системы холодоснабжения.

Первая очередь дата-центра (первый и второй модули) была введена в эксплуатацию в декабре 2010 года. На этих площадках уже функционируют суперкомпьютеры на базе высокопроизводительных кластеров. Работы по вводу в эксплуатацию третьего и четвертого модулей центра завершились в 4 квартале 2011 года.

«Мы эксплуатируем ЦОД первый год, — поясняет Василий Велихов. — Введенное в промышленную эксплуатацию вычислительное и телекоммуникационное оборудование работает в штатном режиме. В настоящее время дата-центр выходит на проектные мощности. Инженерные системы спроектированы таким образом, чтобы обеспечить эксплуатацию нескольких поколений инфокоммуникационных систем. Выбранная система кондиционирования позволяет гибко перераспределять мощность внутри дата-центра и предоставляет возможность дальнейшего наращивания холодильной мощности на тех же полезных площадях».



«Изначально мы планировали комплексную поставку вычислительного оборудования совместно с охлаждающими стойками. Но на момент поставки такое решение обладало худшими параметрами резервирования и имело меньшие эффективную и предельную мощности охлаждения. Решение с внутрирядными кондиционерами APC InRow, с изоляцией «горячих» коридоров, позволило исключить эти недостатки и одновременно повысить экономическую эффективность».



Василий Велихов,
заместитель директора
по информационным
технологиям НИЦ
«Курчатовский институт»



ДатаЛайн

Реализация плана строительства сети коммерческих дата-центров компании «ДатаЛайн» пришлось на начало кризиса. В самый его разгар, в апреле 2009 года, был сдан первый объект — ЦОД на улице Боровой в Москве. Несмотря на неблагоприятный экономический период, ресурсы этого объекта довольно быстро были выкуплены. Предвидя развитие ситуации, руководство компании параллельно со строительством первого объекта вело проектирование второго. Сегодня в сети «ДатаЛайн» функционируют три дата-центра, один из которых находится в процессе заполнения.

Клиенты и услуги

Сегодня среди заказчиков «ДатаЛайн» много крупных клиентов из различных отраслей экономики, но основная их часть — банки, страховые компании и другие организации финансового сектора.

Помимо базовых услуг размещения оборудования клиента на стороне хостинг-провайдера (colocation), стратегия компании «ДатаЛайн» предусматривает продажу сервисов с высокой долей интеллектуальной составляющей. В этот перечень входят телекоммуникационные услуги (каналы связи, доступ в Интернет), а также услуги сетевой безопасности (защита от DDoS-атак, очистка трафика), аренда вычислительных мощностей, сервисы резервного копирования и все сценарии защиты от катастроф.

Среди заказчиков «ДатаЛайн» высоким спросом среди инфраструктурных облачных сервисов пользуются вычислительные ресурсы виртуальных машин, ресурсы хранения и сервис электронной почты. Облачная платформа реализована с помощью портала самоуправления и системы биллинга за использованные по факту ресурсы.

В период кризиса и сокращения бюджетов в «ДатаЛайн» пришло много крупных заказчиков. К услугам хостинга клиентов подталкивают объективные факторы,



«Выбор оборудования APC by Schneider Electric обусловлен наилучшим сочетанием качества оборудования и предложенной цены».



Сергей Мищук,
технический директор
«ДатаЛайн»

наиболее серьезными из которых являются законодательные требования — например, рекомендации ЦБ по созданию удаленных резервных площадок для финансовых институтов.

Ценный опыт

В отличие от площадки на Боровой, концептуальный проект дата-центра на Коровинском шоссе был выполнен собственными силами компании «ДатаЛайн», которая выступала в этом проекте генеральным подрядчиком. К выполнению проектов по детальному проектированию и монтажу инженерных систем на условиях субподряда привлекались специализированные компании.

«При строительстве второй площадки мы опирались на опыт первой, позаимствовав оптимальные с точки зрения цены и качества технические решения, — комментирует Сергей Мишук, технический директор «ДатаЛайн». — Все решения, связанные с выбором поставщиков, также принимались с учетом удачного опыта и ошибок».

Разместившийся на площади около 1050 кв. м дата-центр на Коровинском шоссе связан с площадкой на Боровой дублированными волоконно-оптическими кабелями: один из них идет напрямую, а второй — через узел связи ММТС-10. С возникновением новой площадки у компании появилась принципиальная возможность реализовать любой сценарий катастрофоустойчивости для бизнеса. Например, такой, когда часть оборудования функционирует на одной площадке, а часть, размещенная на второй, зеркалирует данные с первой.

Другой сценарий предусматривает построение катастрофоустойчивой виртуальной среды, в рамках которой можно на обеих площадках быстро и прозрачно для клиента развернуть требуемое количество виртуальных машин. Если на одной из площадок происходит неблагоприятное событие, функционирование приложений продолжится на работоспособной площадке

Дата-центр на Коровинском шоссе размещен в довольно удачном в смысле геометрии новом здании площадью 1050 кв. м, проектировавшемся изначально как склад. В нем организовано два машинных зала общей площадью около 600 кв. м, рассчитанных на установку 285 коммерческих стоек. На вспомогательных площадках размещены источники бесперебойного питания, щитовые помещения, склады, технические коридоры,

помещение охраны. Первый зал заполнен уже процентов на тридцать. В нем установлено и смонтировано инженерное оборудование, включая кондиционеры.

Принципы кондиционирования двух площадок различаются. Средняя нагрузка на стойку в трех технологических залах на Боровой составляет 5, 6 и 9 кВт соответственно, а в качестве хладоносителя применяется этиленгликоль. Для охлаждения зала с высоконагруженными стойками применяется гибридная схема: помимо шкафных прецизионных кондиционеров, используются внутрирядные модели APC InRow в составе решения изоляции «горячего» коридора в ЦОДе (HACS, Hot Aisle Containment System).

Холодоснабжение на второй площадке выполнено с использованием двухконтурных фреоновых кондиционеров Uniflair (линейка оборудования Schneider Electric). Средняя тепловая нагрузка на стойку на второй площадке составляет 6,5 кВт.

ЦОД на ул. Боровая

Общая мощность
5 МВт

Общая площадь
2722 м²

Технологические помещения
1242 м² (4 зала)

Количество стоек
540 стоек

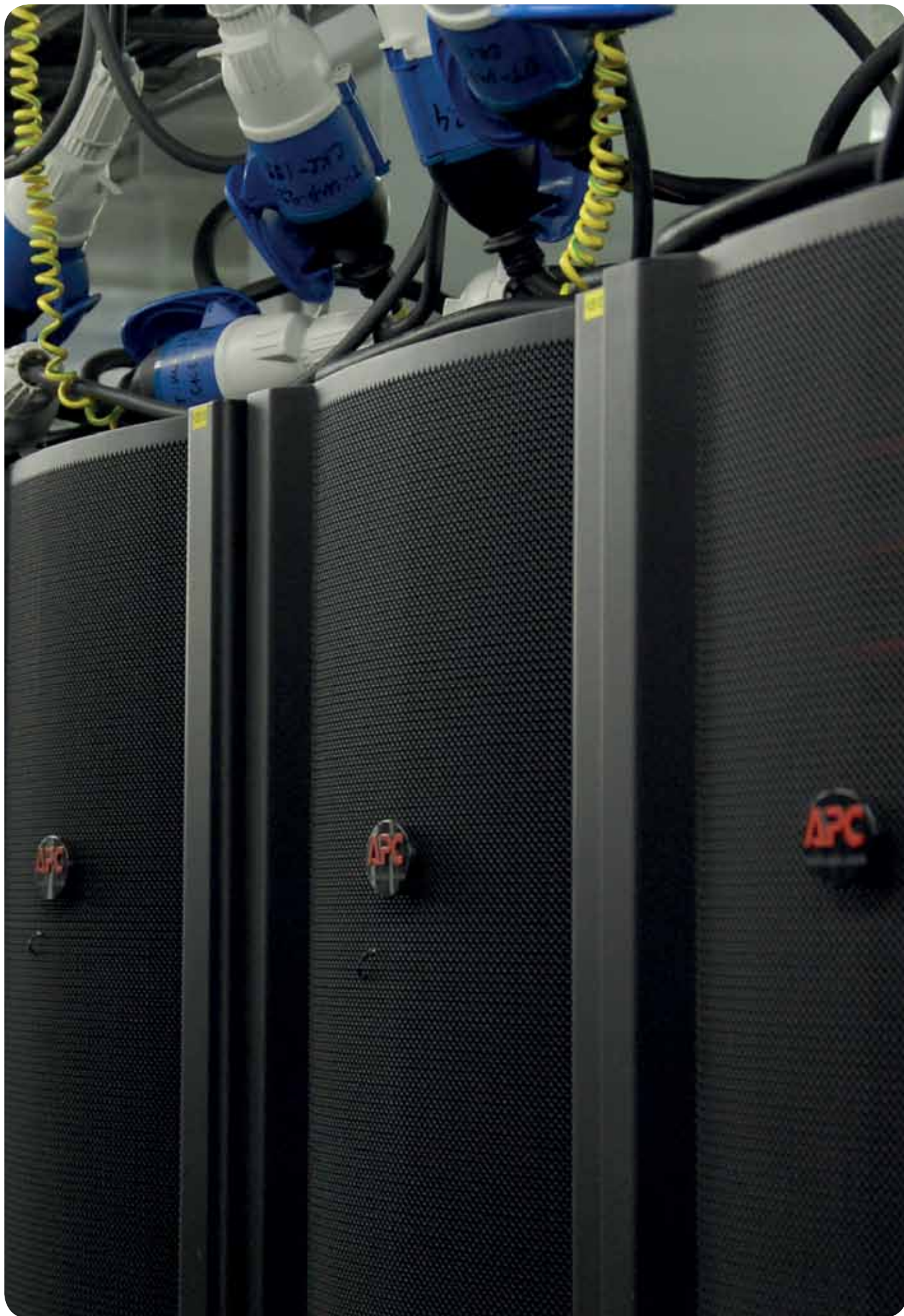
Кондиционеры
APC InRow, HACS

Стойки, PDU
APC by Schneider Electric

ИБП
MGE Galaxy 5000/6000

Нагрузка на стойку
От 5 кВт (1,2,3-й залы)
От 6 кВт (4-й зал)





«Хотя фреоновые схемы и проигрывают в эффективности чиллерным (водяным) решениям, такой способ имеет свои преимущества, — утверждает Мищук. — Кроме того что решение дешевле по капитальным затратам, оно не нуждается в использовании огромного числа задвижек (снижает количество точек коммутации, связанных с риском отказа), не требует резервирования трубопроводов и существенно экономит место в помещении».

Защиту питания нагрузки на обеих площадках обеспечивают ИБП MGE Galaxy, на Боровой это модели серий 5000 и 6000. Выбор Galaxy 7000 обусловлен тем, что эти системы имеют высокий КПД при малых нагрузках, что особенно ценно в режиме резервирования 2N, когда в штатном режиме нагрузка на ИБП не превышает 45% паспортной. В дата-центре на Коровинском для защиты двух залов предусмотрены восемь ИБП, резервированные по схеме 2N (питание к каждой стойке подается по двум лучам от разных ИБП).

Как пояснил Мищук, выбор оборудования APC by Schneider Electric обусловлен наилучшим сочетанием качества оборудования и предложенной цены в рамках долгосрочных партнерских взаимоотношений группы InLine Technologies (в состав которой входит «ДатаЛайн») с вендором. В рамках этого же контракта на обе площадки осуществлена поставка стоек и систем распределения питания от APC by Schneider Electric, а также электротехнического оборудования Schneider Electric (ABP, электротехнических шкафов и пр.).

Обе площадки находятся в промзоне, поэтому размещение ДГУ не представляет проблем: регламентные работы по запуску подогретых и «боеспособных» дизелей проводятся не реже раза в месяц. Время старта каждого из трех установленных дизелей — меньше одной минуты.

Шире круг

По завершении строительства площадки на Коровинском шоссе стало ясно, что спрос на услуги дата-центра продолжает расти. К дата-центру на Боровой был пристроен еще один зал площадью около 867 кв. м. Подводимая к нему мощность составляет 1 МВт. Здесь также используются системы бесперебойного электропитания на базе MGE Galaxy 7000 (линейка оборудования Schneider Electric) и применяются кондиционеры линейки Uniflair.

В системе, обеспечивающей электропитание нового дата-центра, установлено

три ИБП Galaxy 7000: два агрегата обеспечивают защиту электропитания серверных стоек и один — кондиционирование. Зал с вычислительным оборудованием вмещает 170 стоек. Мощность потребления одной стойкой в среднем составляет 6 кВт.

Система кондиционирования дата-центра построена на базе шкафных прецизионных фреоновых кондиционеров Uniflair, установленных в торцах горячих коридоров каждого ряда. Холодопроизводительность каждого кондиционера составляет около 60—80 кВт.

Четвертая опора

В настоящее время в ЦОД № 3 на Коровинском шоссе в режиме полной нагрузки функционируют оба зала. Рядом построен еще один ЦОД, № 4, представляющий собой трехэтажное здание, на первом и втором этажах которого уже работают вычислительные залы, а зал на третьем этаже находится в процессе строительства. Общее количество стоек на этом объекте запланировано свыше 400.

Общая подводимая мощность ЦОД № 4 будет составлять 5 МВт.

В настоящее время в зале на первом этаже все места в стойках проданы, зал полностью укомплектован и работает. Средняя мощность потребления на одну стойку составляет 6 кВт.

Электропитание в дата-центре № 4 обеспечивают ИБП Galaxy 7000 мощностью 500 кВт, а кондиционирование — фреоновые системы прецизионного кондиционирования Uniflair. Общее количество ИБП в дата-центре № 4 составляет 9 штук. Из них 8 источников бесперебойного питания обеспечивают питание стоек, а один — кондиционеров. Время работы от батарей составляет 16 минут в нормальном режиме, когда работают оба луча.

ЦОД № 4 на Коровинском шоссе

Общая мощность
2,5 МВт

Общая площадь
1134 м²

Технологич. помещения
580 м² (2 зала)

Количество стоек
293 стоек

Нагрузка на стойку
от 6 кВт

Кондиционеры
Uniflair

Стойки, PDU
APC by Schneider Electric

ИБП
3 MGE Galaxy 7000

ЦОД № 3 на Коровинском шоссе

Общая мощность
3,2 МВт

Общая площадь
1050 м²

Технологич. помещения
558 м² (2 зала)

Стойки
APC NetShelter

Количество стоек
285 стоек

Нагрузка на стойку
6,5 кВт

ИБП
MGE Galaxy 7000

PDU
APC by Schneider Electric





НПО «Сатурн»

Научно-производственное объединение «Сатурн» — российская машиностроительная компания, специализирующаяся на разработке и производстве газотурбинных двигателей для военной и гражданской авиации, судов военно-морского флота, энергогенерирующих и газоперекачивающих установок. В соответствии с указом Президента РФ от 16 апреля 2008 года ОАО НПО «Сатурн» входит в состав создаваемой ОПК «Оборонпром» двигателестроительной интегрированной группы — «Объединенная двигателестроительная корпорация».

Сократить цикл разработки

Конкуренция среди производителей авиадвигателей на мировом рынке чрезвычайно высока. Между тем разработка нового авиационного двигателя — дело дорогостоящее и весьма длительное. Каждый такой проект выполняется на протяжении нескольких лет с привлечением большого числа специалистов

высочайшего класса. Но если в 1980-е годы цикл проектирования авиационного двигателя составлял 12—15 лет, то сегодня мировая практика демонстрирует заметное снижение сроков разработки благодаря применению современных вычислительных комплексов для выполнения задач моделирования. Такие сверхмощные вычислители используют и в НПО «САТУРН».

«В авиационной индустрии ни одно предприятие не способно создавать новую конкурентоспособную продукцию на мировом уровне без применения передовых информационных технологий, — подчеркивает директор по ИТ ОАО «НПО «Сатурн» Юрий Зеленков. — Использование высокопроизводительных вычислений как экономического инструмента для повышения качества продукции, сокращение времени на дизайн, научно-инженерную проработку и как результат более быстрый вывод на рынок качественного и высококонкурентного изделия характерны для лидеров мирового рынка. Поэтому построение нового суперкомпьютерного центра стало одним из этапов достижения этой цели».



Если в 1980-е годы цикл проектирования авиационного двигателя составлял 12—15 лет, то сегодня мировая практика демонстрирует заметное снижение сроков разработки благодаря применению современных вычислительных комплексов для выполнения задач моделирования.

В былые годы, когда основные расчеты и чертежи выполнялись на бумаге, цикл выполнения проектирования затягивался из-за необходимости тщательной перепроверки параметров конструкции поставленным целям. Если оказывалось, что параметры не удовлетворяют заявленным требованиям, для их изменения требовалось повторное изготовление. Расчеты даже стационарных режимов двигателя с приемлемой разрешающей способностью требуют огромного количества времени. Эти требования в значительной степени повышаются, если расчеты выполняются для динамических режимов. А новые задачи требуют уже других ресурсов.

«Если раньше примерно два года уходило на создание конструкции, с выполнением соответствующих чертежей на бумаге, а остальное время тратилось на изготовление опытных экземпляров и их испытание, то сегодня, когда задействованы вычислительные мощности суперкомпьютера, расчетный цикл проектирования сократился до шести-семи лет», — отмечает Юрий Зеленков. Даже при использовании систем автоматического проектирования (САПР 3D) примерно полтора года уходит на формирование конструкции. Но с появлением суперкомпьютера значительная часть испытаний заменяется расчетами. Раньше изготавливалось несколько десятков, а то и сотен опытных образцов двигателей, которые во время испытаний просто уничтожались. Такому способу проектирования сопутствовали гигантские издержки.

Например, при создании новейшего двигателя SaM146 для модели регионального пассажирского самолета SuperJet-100 было изготовлено восемь опытных двигателей: все они понадобились для обязательного экспериментального подтверждения параметров по требованию авиационных ведомств Евросоюза. Заметного сокращения времени и стоимости разработки удалось добиться благодаря вводу в эксплуатацию в 2008 году нового сверхмощного СК «АЛ-100». Заказчиком разработки нового суперкомпьютера стала конструкторская служба ОАО «НПО «Сатурн».

С запуском в эксплуатацию самого мощного суперкомпьютера в промышленности России и СНГ конструкторские подразделения НПО «Сатурн» получили инструмент для создания продукции, конкурентной на мировом рынке.

Первый в промышленности

Запущенный в эксплуатацию в 2008 году вычислительный кластер «АЛ-100» стал самым мощным суперкомпьютером в промышленности России и СНГ. Его производительность составила 14,3 Тфлопс (триллионов операций в секунду с плавающей запятой). Проект по строительству СК «АЛ-100» стал результатом совместной работы ОАО «НПО «Сатурн» и компаний «Крок», IBM, Intel, APC by Schneider Electric. Инженерная инфраструктура для сверхмощного вычислителя была выполнена целиком на базе оборудования APC InfraStruxure.

Новый кластер пришел на замену прежнему вычислителю. Ведь НПО «Сатурн» — один из лидеров отечественной авиационной промышленности, где в развитие ИТ своевременно инвестируются необходимые средства. До начала проекта «АЛ-100» расчеты в конструкторских бюро НПО «Сатурн» выполнялись с использованием другого суперкомпьютера, который был запущен в эксплуатацию еще в 2005 году. Тогда это позволило конструкторским подразделениям ОАО «НПО «Сатурн» перейти на новый уровень аналитического проектирования, основанный на использовании численных методов на всех этапах разработки газотурбинных двигателей.

Но уже в 2006 году загрузка вычислительных мощностей кластера фактически приблизилась к 100%. К этому времени к ресурсам суперкомпьютера были подключены филиалы «НПО «Сатурн» в Москве и Перми. Поэтому в середине 2007 года было принято решение о создании нового вычислителя, превышающего по производительности существующий более чем в 20 раз.

«Для того чтобы выпускать продукцию, конкурентную на рынке газотурбинных двигателей, разработчикам требуется существенно сократить сроки и затраты при создании нового продукта, — отмечает управляющий директор НПО «Сатурн» Илья Федоров. — При необходимости провести колоссальное количество инженерных расчетов по направлениям газодинамики, прочности, акустики моделирование цифрового эксперимента на суперкомпьютере вообще трудно переоценить, так как это значительно сокращает количество дорогостоящих натуральных испытаний изделий. Своевременный ввод суперкомпьютера заметно расширил возможности нашей компании».

Ключевые параметры СК «Сатурн»

Пиковая производительность 14,3 Тфлопс
Число процессорных ядер 1344 ядер Intel Xeon
Типы вычислительных узлов T-Blade2, T-Blade 1.1, PowerXCell 8i
Основной процессор Intel Xeon 5570, 2,93 ГГц
Оперативная память 1344 Гбайт
Коммуникационная сеть DDR Infiniband
Система управления IBM Cluster Systems Management (CSM)



«Высокая плотность размещения оборудования создает пиковую тепловую нагрузку около 18 кВт на стойку. При таком тепловыделении принципы воздушного охлаждения, применявшиеся при построении предыдущего кластера, уже не работали. Для нового суперкомпьютера было принято решение использовать чиллерную систему охлаждения. Предложение APC by Schneider Electric пришлось как нельзя кстати».



Юрий Зеленков,
директор по ИТ
ОАО «НПО «Сатурн»

Мы учим летать самолеты

Большинство новинок отечественной авиации, которые демонстрировались на 10-м юбилейном международном авиационно-космическом салоне МАКС-2011, созданы коллективом АХК «Сухой» совместно с НПО «Сатурн». На МАКС-2011 двигатели НПО «Сатурн» подняли в небо три новых российских самолета. Например, это новый пассажирский самолет SSJ-100 с двигателями SaM146 совместной разработки и производства НПО «Сатурн» и французской компании Snecma. С первых месяцев эксплуатации новые модели самолета и двигателя продемонстрировали высочайшую надежность, SaM146 оставался неповрежденным даже после попадания стаи птиц. В 2011 году начал выполнять полеты новый истребитель Су-35 с двигателями «117С» разработки «Сатурна». Еще одна новинка салона – перспективный авиационный комплекс пятого поколения ПАК ФА, также с двигателями НПО «Сатурн».

В рамках экспозиции ОПК «Оборонпром» и «Объединенной двигателестроительной корпорации» НПО «Сатурн» представил на МАКС-2011 целых пять разработок. Турбовентиляторный двухконтурный двигатель SaM146, созданный для применения на регионально-магистральных самолетах нового поколения, стал экспонатом выставки в разделе продукции гражданского назначения. В разделе продукции военного назначения были продемонстрированы турбореактивный двухконтурный форсированный двигатель «117С» для нового российского многофункционального истребителя Су-35; турбореактивный двухконтурный двигатель АЛ-55, предназначенный для мирового рынка учебно-тренировочных и легких боевых самолетов; морской газотурбинный двигатель М70ФРУ мощностью 14000 лс; турбореактивный двухконтурный двигатель «изделие 36МТ» для крылатых ракет.

Проект начался с формирования требований к создаваемому суперкомпьютеру и выбора оптимального варианта решения путем тестирования, которое проводилось специалистами компании «Крок» совместно со специалистами ОАО «НПО «Сатурн» в Центре тестирования IBM в Монпелье (Франция).

Созданное решение представляет собой высокопроизводительный кластер на базе решения IBM System Cluster 1350 с пиковой производительностью 14,3 Тфлопс. Основой для вычислительного поля стали блейд-серверы HS21 на базе четырехъядерных процессоров Intel, объединенные высокоскоростной сетью DDR Infiniband. Расчетное поле кластера включает 1344 ядра Intel Xeon и 1344 Гбайт оперативной памяти. На момент запуска данный суперкомпьютер стал самым высокопроизводительным в промышленности России и СНГ.

Управление кластером осуществляется на базе программного обеспечения (ПО) IBM Cluster Systems Management (CSM). Для обеспечения управления вычислительными заданиями в состав кластерного программного обеспечения входит ПО IBM Tivoli Workload Scheduler LoadLeveler.

Инженерная обвязка

Работоспособность вычислительного комплекса обеспечивается инженерной инфраструктурой, включающей в себя системы бесперебойного электропитания, прецизионного кондиционирования, распределения питания, контроля параметров окружающей среды, а также стоечные решения. Все системы объединены средствами централизованного мониторинга и автоматизации. Основой для построения инженерной инфраструктуры было выбрано комплексное решение APC InfraStruxure. Оно представляет собой хорошо интегрируемую и гибкую архитектуру, легко масштабируемую и наращиваемую вместе с ростом нагрузки.

Вычислительный кластер, работоспособность которого обеспечивается комплексом инженерного оборудования, располагается в десяти стойках APC NetShelter, установленных в два ряда. Три стойки полностью укомплектованы блейд-серверами (по 4 шасси в каждой), а в двух размещены системы управления кластером, системы хранения и внутренний коммутатор, функционирующий на базе технологии Infiniband.

«Высокая плотность размещения оборудования создает пиковую тепловую

нагрузку около 18 кВт на стойку, — рассказывает Юрий Зеленков. — При таком тепловыделении принципы воздушного охлаждения, применявшиеся при построении предыдущего кластера, уже не работали. Для нового суперкомпьютера было принято решение использовать чиллерную систему охлаждения. Предложение APC by Schneider Electric пришлось как нельзя кстати».

Благодаря размещению стоек в два ряда таким образом, что оборудование обоих рядов стоек выдувает горячий воздух в одно и то же пространство — «горячий» коридор, а также наличию в одном ряду со стойками внутрирядных кондиционеров APC InRow, удалось получить предсказуемое и эффективное решение по отводу тепла для таких высоких тепловых нагрузок. Кондиционеры APC забирают воздух из «горячего» коридора, пропускают через встроенный в них теплообменник воздух-вода (таким образом, нагревая воду и остужая воздух) и выдувают холодный воздух в коридор перед стойками (перпендикулярно ему). Нет необходимости задумываться о принудительной подаче воздуха непосредственно в стойку, ибо благодаря вентиляторам в ИТ-оборудовании и передней перфорированной двери в стойке холодный воздух легко забирается работающим оборудованием. Для улучшения эффективности и оптимизации количества блоков InRow решение имеет контейнеризацию «горячего» коридора, представляющую собой двери по его бокам и крышу, смонтированную на крышах стоек. Это уменьшает подмес «горячего» воздуха из горячего коридора в холодных на таких больших тепловых мощностях.

Общее пиковое тепловыделение стоек с вычислительным оборудованием составляет 80 кВт. Установленные равномерно с двух сторон коридора внутрирядные кондиционеры InRow (по пять штук в каждом ряду) обеспечивают теплосъем до 15 кВт каждый, то есть с двукратным запасом. Охлаждающий водяной контур выполнен с использованием чиллерной группы, расположенной вне помещения дата-центра.

Бесперебойное питание серверов обеспечивается централизованно двумя системами Symmetra PX мощностью 80 кВт каждая, работающих в схеме 2N-резервирования. Параллельная система ИБП оснащена необходимым запасом батарей. На каждый ряд предусмотрена система распределения питания (PDU)

производства APC by Schneider Electric. Мониторинг инженерного оборудования и климатических параметров помещения обеспечивает программно-аппаратное решение ISX Central суперкомпьютерного центра.

Установленная в 2008 году система обеспечила выполнение сложнейших расчетов для разработки продукции НПО «Сатурн».

«Проект по созданию нового суперкомпьютерного центра был достаточно сложной технической задачей. Необходимо было построить вычислительный кластер, максимально адаптированный для поддержки всего программного комплекса, используемого конструкторскими подразделениями при решении инженерных задач. Почти год над его созданием работало большое количество квалифицированных специалистов как со стороны заказчика ОАО «НПО «Сатурн», генподрядчика компании «Крок», так и со стороны производителей оборудования и подсистем суперкомпьютера. Благодаря слаженной работе проектной команды данную задачу удалось полностью реализовать», — отметил директор по ИТ ОАО «НПО «Сатурн», руководитель проекта по созданию суперкомпьютера Юрий Зеленков.

Инфраструктура в цифрах

Стойки
10 APC NetShelter

Пиковое тепловыделение
80 кВт

Кондиционеры
10 шт. InRow
APC Inrow до 15 кВт
каждый

ИБП
2 шт. Symmetra PX 80 кВт

PDU
APC by Schneider Electric

Мониторинг
StruxureWare





Северо-Восточный федеральный университет

Задачи развития системы образования и сохранения российской научной школы стоят в списке приоритетных направлений стратегии развития государства. Современная наука требует все больше ресурсов для вычислений и обработки данных, так что обычные персональные компьютеры с ними уже не справляются. Запущенный в Северо-Восточном федеральном университете в Якутске, один из мощнейших в СНГ суперкомпьютеров «Ариан Кузьмин» с пиковой производительностью 50 Тфлопс станет инструментом для ускорения инновационных разработок университета и будет способствовать проведению научных исследований на самом современном высокотехнологичном уровне.

Среди задач, которые предстоит решать сотрудникам и студентам университета с помощью суперкомпьютера, — создание подразделениями университета новых технологий и усовершенствование уже созданных, публикация научных исследований, трудов. На базе нового комплекса будет также осуществляться подготовка

высококвалифицированных специалистов для различных областей фундаментальной и прикладной науки.

Ректор СВФУ Евгения Михайлова: «Теперь в СВФУ насчитывается три кластера-суперкомпьютера. Они находят свое применение при решении практически любых задач науки и техники. Здесь ученые, преподаватели и специалисты министерств и ведомств будут проводить исследования и сложные вычисления. Это и моделирование физических процессов, нанотехнологии, проблемы вычислительной химии и биологии, медицины, автоматизации проектирования и многое другое». Еще одна прикладная область для выполнения вычислений на СК «Ариан Кузьмин» — энергетика. Университет заключил соглашение с компаниями Schlumberger и Roxar, которые предоставили академические лицензии на свое прикладное программное обеспечение.

Суперкомпьютер состоит из 160 серверных узлов, собранных на основе блейд-серверов HP BL2x220. Суммарно



Особенность Якутии — очень большие перепады температуры в течение года: зимой столбик термометра опускается до -60°C , а летом поднимается до $+40^{\circ}\text{C}$. Поэтому к системе кондиционирования предъявляются особые требования.

обработка данных осуществляется 1920 ядрами. Для моделирования и визуализации сложных пространственных объектов построена отдельная графическая подсистема сопоставимой мощности: 39 узлов HP SL390 с GPU Tesla M2070. Пиковая производительность суперкомпьютера достигает 50 Тфлопс (триллионов операций в секунду). Этого достаточно, чтобы решать практически любые научные задачи, которыми занимается университет. Данные хранятся на дисковом массиве емкостью 100 Тбайт.

Для обеспечения гарантированного электропитания суперкомпьютера используется ИБП APC Symmetra 160 PX мощностью 96 кВА, с возможностью расширения до 160 кВА. Архитектура этой системы выполнена таким образом, что все ключевые элементы (силовые модули, батареи) обеспечивают возможность резервирования по схеме N+1, а сама система может расширяться до 160 кВА. На момент запуска суперкомпьютерного комплекса электропитание обеспечивал один фидер. Второй ввод планируется ввести в эксплуатацию после реконструкции подстанции. Дополнительное резервирование ввода в будущем планируется осуществить дизель-генераторной станцией.

Для распределения питания внутри стоек используются трехфазные блоки распределения питания APC PDU Metered. Система мониторинга функционирует на базе решения Struxureware и NetBotz.

Особенность Якутии — очень большие перепады температуры в течение года: зимой столбик термометра опускается до -60°C , а летом поднимается до $+40^{\circ}\text{C}$. Поэтому к системе кондиционирования предъявляются особые требования.

Максимальная мощность потребления электроэнергии серверных шкафов достигает 22 кВт на стойку. Для их охлаждения в суперкомпьютерном комплексе используются внутрирядные кондиционеры чиллерного типа. Восемь стоек APC NetShelter, четыре внутрирядных кондиционера APC InRow RP и специальные монтажные компоненты (потолочные панели и двери) образуют «герметичную» контейнерную систему с изоляцией «горячего» коридора (APC by Schneider Electric Hot Aisle Containment System, HACS). Система HACS позволяет исключить перемешивание горячего и холодного потоков воздуха и за счет повышения температуры входящего в кондиционер воздуха (технология, запатентованная компанией Schneider

Electric) позволяет добиться наиболее высоких коэффициентов эффективности внутрирядных кондиционеров.

Резервирование всех компонентов системы кондиционирования осуществляется по схеме N+1. На текущий момент обеспечен 30-процентный запас мощности по охлаждению и электропитанию, планируется расширение (модернизация) за счет модульности систем APC by Schneider Electric.

В системе охлаждения нагретого воздуха используется внешний двухконтурный чиллер холодопроизводительностью 207 кВт с функцией естественного охлаждения (фрикулинг) до $+10^{\circ}\text{C}$, в специальном исполнении для работы при крайне низких температурах и при годовом перепаде 100°C . Фальшпол используется для прокладки трубопроводов системы охлаждения.

Все этапы проекта построения суперкомпьютерного комплекса, — проектирование, монтаж и пусконаладку — выполнили специалисты компании «ИНЛАЙН ГРУП».

Кроме собственно суперкомпьютера «Ариан Кузьмин», специалисты создали университетское «облако». Проект под названием «Единое информационное сервисное пространство» (ЕИСП), выполнен совместно с компаниями Intel и РСК.

Платформа «РСК Универсум» обеспечивает технологии облачных вычислений и предоставляет возможность для создания преподавателями разнообразных учебно-методических сервисов, а также обеспечивает доступ к стандартным приложениям в «частном облаке» вуза. Для подключения и работы в системе с ноутбука или любого другого устройства (настольного ПК, нетбука, планшета, смартфона) требуется только наличие браузера и доступа к интернету.

Инфраструктура в цифрах

Общая подводимая мощность
200 кВА

Мощность, потребляемая машинным залом
80 кВА

Площадь машинного зала
50 м²

Общая площадь с инженерными системами
200 м²

Макс. нагрузка на стойку
22 кВт

ИБП
APC Symmetra PX 160 кВА

Стойки
8 шт. APC NetShelter (AR3100)

Кондиционеры
4 шт. InRow RP (ACRP502)

PDU
APC PDU Metered

Система мониторинга
APC Central Basic и NetBotz





Технопарк-Мордовия

«Технопарк-Мордовия» — это мини-город, на территории которого разместятся научно-исследовательские организации, объекты индустрии, деловые центры, выставочные площадки, учебные заведения, жилой поселок и объекты обслуживания. Одним из ключевых объектов технопарка является дата-центр, основным назначением которого является предоставление информационных, вычислительных и телекоммуникационных услуг и ресурсов резидентам технопарка, органам государственной власти Республики Мордовия, коммерческим предприятиям республики и страны в целом.

В информационно-вычислительном комплексе технопарка разместятся организации, занимающиеся преимущественно разработкой программного обеспечения, а также те компании, чья деятельность будет связана с информационной средой,

созданием информационных ресурсов и баз данных с применением современных технологий. Уже сейчас услугами информационно-вычислительного комплекса технопарка готовы воспользоваться десятки разработчиков масштабных интернет-проектов, крупные отечественные и зарубежные компании.

Строительство комплекса, общая площадь которого составляет более 5800 кв. метров, завершено осенью 2011 года. Под размещение ИТ-компаний выделено 1600 кв. метров.

ИТ-зона

Дата-центр в Саранске спроектирован в соответствии с уровнем Tier IV по классификации Uptime Institute. Электропитание (1-я группа, особая категория) организовано от четырех независимых



Дата-центр в Саранске спроектирован в соответствии с уровнем Tier IV по классификации.

источников мощностью около 2,5 МВт. Бесперебойность функционирования дата-центра поддерживается более чем 20 специализированными системами, в том числе гарантированного электро-снабжения, поддержания температурно-влажностного режима, автоматического управления вычислительными комплексами и инженерными системами, системой противопожарной защиты, информационной и физической безопасности, включающей видеоконтроль состояния каждой единицы установленного пользовательского оборудования. Высоковольтные трансформаторы, автоматы ввода резерва и распределительное оборудование, применяемое в дата-центре, произведено концерном Schneider Electric.

К дата-центру подведены три независимые волоконно-оптические линии связи, что гарантирует бесперебойную передачу больших объемов данных и стабильную работу сети и всех инфраструктуры резидентов и коммерческих клиентов центра. Резиденты дата-центра смогут получить доступ к своим информационным ресурсам, развернутым в дата-центре, из любой точки мира в режиме терминального доступа, по защищенным виртуальным каналам связи.

Внешним пользователям дата-центра предлагаются такие сервисы, как аренда мест в стойках (collocation); аренда серверов (dedicated) и обслуживание оборудования пользователей; предоставление компьютерной инфраструктуры как услуги (IaaS) на базе виртуальных машин пользователей через терминальный доступ как по открытому, так и по защищенному каналам; предоставление доступа к программному обеспечению коллективного пользования на базе модели SaaS.

Инфраструктурные принципы

Дата-центр разместился в отдельно стоящем здании на территории технопарка. На первом этапе в ЦОДе (рассчитанном на размещение до 100 серверных стоек) уже установлено около 77 стандартных стоек производства APC by Schneider Electric. Оборудование расставлено в соответствии с принципом организации «горячих» и «холодных» коридоров.

Площадь вычислительного зала делится на три части. Первая зона площадью 275 кв. метров представляет собой парк серверов; во второй размещены системы

хранения (дисковые и ленточные накопители), где хранятся собственно базы данных; третья зона предназначена для размещения коммуникационного оборудования. Общая площадь трех зон составляет 408 кв. метров. Энергопотребление большого зала с вычислительным оборудованием составляет 660 кВт. Общая мощность, потребляемая всем объектом (включая вспомогательные помещения), достигает 2 МВт.

Для съема тепла между стойками установлены межрядные кондиционеры InRow производства APC by Schneider Electric. Для охлаждения вычислительного оборудования используются 16 кондиционеров APC InRow RP (модели с увлажнением, мощностью 45 кВт каждая), и 16 кондиционеров APC InRow RC, обеспечивающих до 20 кВт теплосъема, что позволяет установить в данном ЦОДе стойки с тепловыделением 10—12 кВт.

Благодаря применению вентиляторов с динамически изменяемой скоростью вращения, автоматическому управлению подачей необходимого количества хладагента в кондиционер и интеллектуальным средствам управления кондиционеры отлично справляются с изменениями тепловыделения и автоматически обеспечивают адекватное охлаждение.

Проект строительства дата-центра стартовал в 2009 году, когда компания «Техносерв» выиграла генеральный подряд на строительство и проектирование. В начале 2010 года команда архитекторов получила техническое задание и приступила к проектированию, а в эксплуатацию объект был запущен весной 2011 года.

По мнению участников проекта, дата-центр технопарка в Саранске позволит минимизировать затраты резидентов на проведение научно-исследовательских, общеконструкторских и проектных работ, на проведение маркетинговых исследований и организации взаимодействия с потребителями на ранних стадиях развития производства за счет аутсорсинга информационно-телекоммуникационных функций и организации коллективного пользования дорогостоящими программно-техническими комплексами. «Делается все необходимое для того, чтобы существующие и будущие резиденты мордовского технопарка были обеспечены всеми необходимыми условиями для творческой инновационной деятельности», — прокомментировал проект Алексей Романов, директор ГАУ РМ «Госинформ».

Инфраструктура в цифрах

Подводимая мощность (от 4 независимых источников)
2,5 МВт

Общее энергопотребление
2 МВт

Мощность потребления серверной зоны
660 кВт

Занимаемая площадь
408 кв. м (три зоны)

Стойки
80 шт. APC NetShelter

Макс. нагрузка на стойку
10—12 кВт

Кондиционеры
APC InRow

Трансформаторы, АВР, ГРЩ
Schneider Electric



Для съема тепла между стойками установлены межрядные кондиционеры InRow производства APC by Schneider Electric. Для охлаждения вычислительного оборудования используются 16 кондиционеров APC InRow RP (модели с увлажнением, мощностью 45 кВт каждая), и 16 кондиционеров APC InRow RC, обеспечивающих до 20 кВт теплосъема, что позволяет установить в данном ЦОДе стойки с тепловыделением 10—12 кВт.

Подразделение IT Business (APC by Schneider Electric) компании Schneider Electric является глобальным лидером индустрии решений по энергообеспечению и кондиционированию ответственных систем, предоставляя лучшее в отрасли оборудование, программное обеспечение и инженерные комплексы для центров обработки данных, производственных объектов, офисов и домашних приложений.

Ассортимент решений APC включает в себя источники бесперебойного питания (ИБП), системы прецизионного кондиционирования, стоечные системы, средства обеспечения физической безопасности, системы проектирования и управления, включая инженерную архитектуру APC InfraStruxure® — наиболее полный программно-аппаратный комплекс для решения задач энергообеспечения, кондиционирования и управления.

Более подробную информацию можно получить на сайте www.apc.com



Россия

Москва,
ул. Двинцев, д. 12, корп. 1, зд. А
Тел.: +7 495 777-99-90
Факс: +7 495 777-99-92

Санкт-Петербург,
ул. Циолковского, д. 9/2, лит. А
Тел.: +7 812 320-64-64
Факс: +7 812 331-25-80

Новосибирск,
ул. Красноярская, д. 35
Тел.: +7 383 227-62-53
Факс: +7 383 227-62-54

Украина

Киев,
ул. Металлистов, 20Т
Тел.: +38 044 538-14-78
Факс: +38 044 538-14-79

Казахстан

Алматы,
пр. Абая, 151/115
Тел.: +7 727 397-04-00
Факс: +7 727 397-04-05

Белоруссия

Минск,
ул. Белорусская, д. 15
Тел.: +375 17 226-06-74
Факс: +375 17 226-06-74

Азербайджан

Баку,
пр. Карабах, 22
Тел.: +994 12 496-93-39
Факс: +994 12 496-22-97

Грузия

Тбилиси,
ул. Коте Абхази, д. 44, стр. 1
Тел.: +995 32 43-89-38
Факс: +995 32 43-89-40

Контакт-центры Schneider Electric

8 800 200-64-46 (звонок по России бесплатный)

0 800 601-722 (звонок по Украине бесплатный)



По вопросам сервиса оборудования Schneider Electric* обращайтесь в Центр поддержки клиентов по тел.:
8 800 200-64-46 (для России)
0 800 601-722 (для Украины)
или присылайте запросы по адресу:
service-rus@schneider-electric.com

* APC, Citect, France Transfo, Gardy, GUTOR, Merlin Gerin, MGE, Pelco, TAC, Telemecanique, Uniflair, Vamp