consult

Внедрение DCIM, консалтинг и обслуживание дата-центров

Применение современных технологий оптимизации и мониторинга ЦОД

Григорий Юдин
Технический директор

Май 2018

consult

Применение CFD моделирования для анализа и оптимизации ЦОД

Применение CFD для проектирования и анализа серверных помещений ЦОД

CFD моделирование позволяет проверить работоспособность инженерных решений и корректность подбора оборудования уже на ранних этапах проектирования

Создание базовой модели

Исследование пространства под фальшполом

Исследование пространства над фальшполом

Моделирование ситуационных сценариев

Базовая модель

- Базовая модель наполняется элементами, для соответствия геометрии реального помещения или проекту
- Существующая библиотека позволяет выбрать уже готовые элементы, а также адаптировать имеющиеся шаблоны
- ТТХ элементов корректируются для соответствия реальным

Верификация модели по реальным данным

Реальные измеренные данные

Прогноз CFD модели

							Temperatures, °C				
							Maximum		Local		
									Front Face		
No.	Name	Xref, м	Yref, м	Load, kW	Nominal Flow Rate, м³/час	Actual Flow Rate, м³/час	Inlet	Exit	bot	mid	top
1	Rack12	0.3	3.6	2	536	539	27.5	37.8	25.2	27.6	27.1
2	Rack13	0.9	3.6	2	536	539	24	34.5	19.1	20.3	23.7
3	Rack14	1.5	3.6	1.2	322	323	17.5	27.9	16.7	17	17.4
4	Rack15	2.1	3.6	4.5	1206	1205	16.9	27.8	15.9	16.2	16.7
5	Rack16	2.7	3.6	3	804	803	18.5	29.4	17.9	18.1	18.3
6	Rack17	10.8	11.8	0	0	0	---	---	---	---	---
7	Rack18	12.8	11.8	0	0	0	---	---	---	---	---
8	Rack19	14.8	11.8	0	0	0	---	---	---	---	---
9	Rack20	16.7	11.8	0	0	0	---	---	---	---	---
10	Rack01	1.1	2.4	0.6	161	158	29.7	38.4	29.4	26.4	25.5
11	Rack02	1.7	2.4	1.2	322	317	28.1	38.1	27.9	25.6	23.3
12	Rack03	2.3	2.4	0.8	214	212	25.8	35.2	25.6	24.3	22.4
13	Rack04	2.9	2.4	0.6	161	159	24.5	33.4	24.6	22.7	21.6
14	Rack05	3.5	2.4	0.6	161	159	20	29.4	17.9	18.7	20.1
15	Rack06	4	2.4	1.2	322	317	19.1	29.4	19.4	19.1	18.8
16	Rack07	4.6	2.4	3.2	857	847	20.6	31.5	20.9	20.7	20.6
17	Rack08	5.2	2.4	2.5	670	660	21.4	32.2	21.4	21.4	21.5
18	Rack09	5.8	2.4	2.2	589	583	20.2	31	19.5	19.6	19.7
19	Rack10	6.4	2.4	1.1	295	292	19.7	30.1	19.2	19.3	19.3
20	Rack11	7	2.4	0.6	161	159	26.3	35.3	25.6	30.9	29.8

No	Name	Xref м	Yref м	Flow Rate м³/час	Return Temperature °C	Supply Temperature °C	Cooling Produced кВт
1	CRACK1	0	6.15	4524	23.9	20.8	4.7
2	CRACK2	1.35	6.15	4524	24.4	14.3	15.5
3	CRACK3	2.7	6.15	4524	22	22	0
4	CRACK4	4.05	6.15	off/failed	---	---	---
5	CRACK5	6.15	6.15	4524	23.9	19.2	7.2

Прогноз построенной модели проверяется по усредненным показаниям автономных датчиков и отражает точность модели

CFD моделирование для анализа воздухообмена и доступных ресурсов

Total Heat Load and Cooling	
Total Airflow Demand	7,315 CMH
Total Airflow Supply	18,096 CMH
Total Heat Load	27.3 kW
Cooling by Cooling Units	27.3 kW

Server Rack* Statistics	
Range of Max Inlet Temp	No. of Racks
Above 27 C	3
Between 24 C and 27 C	4
Between 21 C and 24 C	1
Below 21 C	8

*Hot Boxes are included.

Анализ построенных температурных карт в трех плоскостях позволяет выявить особенности дизайна помещения ЦОД, оценить правильность подбора инженерного оборудования и влияние размещенной в стойках тепловой нагрузки на распределение воздушных масс и вероятность образования застойных областей или зон локального перегрева

CFD моделирование для оптимизации помещений ЦОД

Total Heat Load and Cooling	
Total Airflow Demand	17,282 CMH
Total Airflow Supply	18,096 CMH
Total Heat Load	64.5 kW
Cooling by Cooling Units	64.5 kW

Server Rack* Statistics	
Range of Max Inlet Temp	No. of Racks
Above 27 C	0
Between 24 C and 27 C	0
Between 21 C and 24 C	1
Below 21 C	21

*Hot Boxes are included.

Верифицированная модель идеально подходит для проведения виртуальных тестов по перемещению или добавлению тепловой нагрузки, изменению настроек инженерных систем, а также физических методов оптимизации помещения с целью улучшения его термодинамики или повышению энергоэффективности. В данном случае установка контейнеризации «холодного» коридора решает большинство потенциальных проблем с перегревом.

Практический пример из реальной жизни

Пример практического применения CFD и системы мониторинга Synapsense для анализа ЦОД

- Машинный зал крупного банка оборудован системой мониторинга микроклимата Synapsense, всего порядка 360 точек измерения
- В рамках сервисной программы для данного помещения также подготовлена CFD модель, предназначенная для прогнозирования воздухообмена и управления нагрузками

Готовим CFD модель для верификации

- В CFD модель встраиваются виртуальные датчики на позиции, аналогичные реальным
- Виртуальным датчикам присваиваются показания реальных датчиков Synapsense, усредненные за длительный период измерений

Готовим CFD модель для верификации

- В процессе верификации рассматриваем табличные значения с расхождением показаний на виртуальных датчиках
- А также графические карты, построенные для трех случаев и на трех уровнях по высоте стойки

Расчетные

Измеренные

Разница

Визуальный анализ карт распределения температур

Расчетные

Измеренные

Разница

0,4 м над фальшполом

- В процессе анализа карт обнаруживается аномалия на карте верификации, указывающая на серьезное местное расхождение прогноза с реальностью

Визуальный анализ карт распределения температур

Расчетные

Измеренные

Разница

1,0 м над фальшполом

- Обнаруженная аномалия сохраняется на уровне середины стойки, хотя менее выраженная

Визуальный анализ карт распределения температур

Расчетные

Измеренные

Разница

- Обнаруженная аномалия сохраняется и на уровне верхней трети стойки, ещё менее выраженная

1,6 м над фальшполом

Пример применения SynapSense для оценки точности CFD модели

Synapsense **vs.** **CFD**

1.6 м

1.0 м

0.4 м

- Разместим план фальшпола, экспортированный из CFD модели в качестве подложки для графических карт Synapsense
- Построенные в разном ПО и по разным алгоритмам карты распределения температур позволяют нам напрямую сравнить прогноз и реальные измерения
- Обнаруженная при верификации аномалия сохраняется и при данном сравнении

Обнаружена причина аномалии

- Расследование причин возникновения аномалии потребовало внимательнее изучить показания системы мониторинга
- На одном из кондиционеров обнаружился нулевой перепад температур
- Обнаружена утечка фреона из контура, которая по каким – то причинам не диагностировалась самим кондиционером
- Ремонт кондиционера устранил проблему

Другие случаи из практики

Пример оптимизации машзала

- Машинный зал наблюдался с 2012 года в процессе проектирования и роста
- Заказчик не следовал «бесплатным» советам
- При достижении «кризиса» заполнения, было решено провести оптимизацию с применением CFD моделирования, что и было успешно проделано в 2014
- Успех оптимизации не был закреплен и машзал снова был пущен на стихийное развитие, что и сказалось на окружении

Проектирование нестандартных объектов

- Существующее здание
- Нестандартная форма помещения
- Отсутствие возможности установки фальшпола
- Теневая сторона здания
- Фиксированная нагрузка с несколькими высоконагруженными стойками
- Аппаратное резервирование кондиционирования на уровне N+1

- Применение внутренних блоков displacement
- Контейнеризация «горячего» коридора
- Жесткий лимит на энергопотребление стоек

Планирование реконструкции машзала

- Существующее помещение демонстрировало ряд точек локального перегрева
- Кондиционирование не имело резерва
- Ряд высоконагруженных стоек не охлаждались должным образом
- Создана CFD модель с несколькими вариантами реконструкции и успешно реализован один из удачных вариантов

Эксперимент с настройками системы кондиционирования

- Существующее помещение со стабильной нагрузкой
- Мониторинг температур в каждой стойке
- Мониторинг энергопотребление всей системы кондиционирования целиком
- Задача: Выяснить возможность снижения энергопотребления инженерных систем
- Успешно проведен эксперимент по изменению настроек системы кондиционирования с логированием энергопотребления и контролем температур на стойках

consult

Внедрение DCIM, консалтинг и обслуживание дата-центров

О компании

О компании DCC

5+
40+

За **пять** последних лет на рынке сделано более **40** проектов в России и СНГ

Сотрудники имеют подтвержденную квалификацию - **Accredited Tier Designer (ATD)** от Uptime Institute, **Certified Data Centre Design Professional (CDCDP)** by CNet

Специалисты мирового класса с большим практическим опытом работы в области консультирования, проектирования и строительства ЦОД

13 специалистов, **обученных и сертифицированных** в тренинг-центрах иностранных компаний и российских официальных учреждениях

Партнерство с крупными компаниями – производителями инженерного оборудования и ПО для ЦОД

Сертифицированный компаниями **EPI** и **DataCenterDynamics** тренер с многолетним стажем, проводящий курсы **Data Center Design Awareness, Energy Efficiency, Operations and Risk management**

Мы помогаем нашим клиентам

Выбрать и настроить ПО **Data center infrastructure management (DCIM)** и **системы мониторинга** инженерной инфраструктуры

Консультируем (планирование и выбор технических решений для ЦОД, финансовые оценки, стратегия развития, сопровождение строительных работ, DRP, и т.д.)

Провести аудит, оптимизацию или реконструкцию инженерным систем (энергоснабжение, воздухообмен, кондиционирование, термография и другие)

Техническая поддержка и обслуживание (несколько уровней и сценариев технической поддержки, консультации экспертов, аварийные выезды и др.)

CFD моделирование для ЦОД и чистых производственных помещений

Поддержка проектирования и сертификации ЦОД в **Uptime Institute**

Аудит уровня запыленности ЦОД

Требования к чистоте в ЦОД:

- Согласно СН 512-78 запыленность машинных залов не должна превышать 0.75 мг/м³, что соответствует уровню чистоты класса 8 ИСО по ASHRAE 2009b и ГОСТ Р ИСО 14644-5-2005
- Производители оборудования Cisco, IBM, HP, Dell и др. включают в обязательные условия по эксплуатации серверов требования к уровню чистоты окружающей среды в машинном зале ЦОД

Условные обозначения

- забор пробы воздуха над фальшполом;
- забор пробы воздуха под фальшполом;

Таблица №3. Результаты замеров концентрации частиц на соответствие уровня чистоты серверного помещения классу 8 ИСО:

№ точки пробоот-бора	t, °C	RH, %	$P_{0,3мкм}$ част/м³	$P_{0,5мкм}$ част/м³	$P_{1,0мкм}$ част/м³	$P_{3,0мкм}$ част/м³	$P_{5,0мкм}$ част/м³	$P_{10,0мкм}$ част/м³
1	23	30	45 012 634	4 221 917	915 327	90 565	5 283	510
2	28	23	79 102 567	5 604 446	823 731	72 353	3 283	871
3	24	28	83 896 886	6 927 081	429 029	182 543	30 271	1 777
4	18	40	68 458 004	4 456 548	619 352	71 130	13 212	841
5	21	33	55 733 689	3 295 301	929 170	63 108	9 836	8 978
6	22	31	44 473 874	2 207 085	321 966	123 673	52 966	15 721
7	23	29	33 820 694	4 165 626	813 066	50 624	4 918	3 989
8	22	31	32 865 503	3 152 136	727 122	131 059	12 565	1 353
9	19	38	22 762 172	4 135 185	921 259	68 483	4 713	571
10	19	38	33 363 228	2 177 138	625 709	52 260	41 260	13 178
11	12	55	33 471 785	1 176 361	726 627	91 836	10 777	850

Таблица №4. Результаты замеров запыленности воздуха в точках отбора проб на соответствие нормам СН 512-78:

№ точки пробоот-бора	t, °C	RH, %	$T_{0,3мкм}$ мкг/м³	$T_{0,5мкм}$ мкг/м³	$T_{1,0мкм}$ мкг/м³	$T_{3,0мкм}$ мкг/м³	$T_{5,0мкм}$ мкг/м³	$T_{10,0мкм}$ мкг/м³	Σт, мкг/м³
1	23	30	3,77	2,28	9,56	8,01	2,99	0,00	26,61
2	28	23	6,60	3,06	8,68	6,15	1,86	1,10	27,45
3	24	28	7,00	3,81	4,43	14,36	16,67	2,33	48,61
4	18	40	5,75	2,44	6,40	6,29	7,48	1,13	29,49
5	21	33	4,67	1,79	9,87	5,28	5,41	11,76	38,77
6	22	31	3,78	1,17	3,37	10,44	29,29	20,58	68,63
7	23	29	2,83	2,26	8,71	4,36	2,73	5,20	26,11
8	22	31	2,75	1,66	7,51	11,14	6,89	1,76	31,71
9	19	38	1,90	2,45	9,53	5,54	2,66	0,72	22,81
10	19	38	2,78	1,23	6,57	4,39	22,82	17,25	55,04
11	12	55	2,80	0,67	7,64	7,50	5,96	1,08	25,65

Аудиты и услуги по оптимизации ЦОД

Услуги по обследованию и оптимизации ЦОД позволяют клиентам оценить остаточный ресурс инженерных систем, выявить связанные ресурсы и найти причины спонтанных сбоев. Инструментальные измерения сразу дают результаты и указывают на пути оптимизации

Преимущества наших сервисов:

- Подстраиваются под нужды Заказчиков
- Решают проблемы локальных перегревов и переохлаждений
- Оптимизируют энергопотребление
- Позволяют установить дополнительное оборудование
- Увеличивают срок жизни инженерных систем

consult

Внедрение DCIM, консалтинг и обслуживание дата-центров

Система мониторинга SYNAPSENSE

Система мониторинга Synapsense

Система предназначена для:

- Высокоточного **измерения параметров микроклимата** в реальном времени
- **Графического отображения** результатов измерений в виде **цветовых градиентных карт распределения** измеренных значений (температуры, влажности, давления) на **4-х** различных **уровнях высоты**
- **Автоматизации управления системой кондиционирования** для поддержания оптимальных параметров микроклимата в ЦОД
- **Оптимизация энергопотребления** инженерных систем ЦОД при сохранении заданных параметров микроклимата

Основные технические особенности

Система отличается от существующих на рынке решений следующим:

- **Беспроводная технология** передачи данных на основе протокола промышленной автоматизации 802.15.4. Система имеет нотификацию **ФСБ РФ**
- **Визуализация** параметров **микроклимата** в реальном режиме времени
- Гибкие механизмы двухсторонней интеграции со сторонним ПО и аппаратным обеспечением по стандартным протоколам **(SNMP, ModBus, BACNet)**
- Программно-аппаратная **интеграция для** адаптивной **настройки системы кондиционирования**

Беспроводная технология сети мониторинга

- Все измерительные станции обменивается данными с помощью **беспроводного технологии Mesh стандарта 802.15.4**, обеспечивая топологию связи «каждый с каждым»
- Одна беспроводная **сеть поддерживает** стабильную работу **до 2000 станций**
- Беспроводные **станции** не поддерживают IP адресацию, поэтому **защищены от прямых атак**
- Для аутентификации и шифрования данных беспроводная **передача данных защищается 256-битным кодированием AES**
- **Время работы** станции до замены батарей – **7 лет**

Основные компоненты системы

- Беспроводная измерительная **станция температуры и влажности** для замера параметров микроклимата коридорах между стойками и в кондиционерах
- Беспроводная измерительная **станция давления** для замера дифференциала давления под фальшополом
- Беспроводная измерительная **станция протечки жидкости** и контроля **сухих контактов**
- Беспроводной **интеллектуальный шлюз управления** сетью измерительных станций

Преимущества программного решения

- Полностью **русскоязычный интерфейс**
- Инновационный **модуль визуализации** позволяет отображать цветовые карты распределения параметров микроклимата в реальном режиме времени
- Экспресс **диагностика точек перегрева** в ЦОД **не требует специальной подготовки** операторов
- Возможность проигрывать **визуальный ряд с цветовыми картами** за заданные промежутки времени в режиме видео
- **«Приборные панели»** гибко настраиваются для отображения ключевой информации **для дежурной смены** операторов ЦОД

Преимущества программного решения

- **Многофакторный анализ** собранных данных за длительный промежуток времени позволяет своевременно выявить **уязвимости инженерных систем ЦОД**
- К системе может подключаться любое количество пользователей для одновременной работы через **Web-интерфейс** с индивидуальной настройкой уровня доступа
- Для формирования отчетности доступен как стандартный набор шаблонов так и возможность создания индивидуальных отчетов
- Каждый отчет может автоматически отправляться по индивидуальному списку рассылки

Преимущества программного решения

SYNAPSENSE a PANDUIT company

- Алгоритм эскалации оповещений гарантирует своевременную реакцию на событие
- Расширенная система оповещений позволяет организовать рассылку ответственному персоналу шаблонных или пользовательских сообщений о наступлении штатных и аварийных событий путем отправки e-mail или SMS-сообщений
- Ряд программных шлюзов позволяет производить обмен данными с внешними программными продуктами АСДУ по SNMP, ModBus или BACNet
- Средство для расчета и оценки энергоэффективности инженерных систем и рекомендованных метрик ЦОД (RCI, RMI, AirMix&Bypass)

Применение системы для colocation

- Широкие возможности зонирования карты машинного зала на уровне стойкомест
- Возможность предоставления доступа клиентам к градиентным картам микроклимата в месте расположения только их оборудования
- Автоматизация предоставления регулярных отчетов о состоянии микроклимата для обеспечения SLA
- Мониторинг физического доступа к оборудованию клиента на уровне стойки или зоны
- Обеспечение выравнивания нагрузки по площади машзала для балансировки загрузки системы кондиционирования в целях идентификации локальных точек перегрева и единичных точек отказа

Применение системы для управления кондиционированием

Active Control – технология позволяющая автоматизировать управление режимами работы системы кондиционирования на основании измеренных значений параметров микроклимата (температуры, давления под фальшполом)

Преимущества применения Active Control:

- Увеличение доступной мощности системы кондиционирования при увеличении ИТ-нагрузки в зоне влияния кондиционеров
- Снижение энергопотребления ЦОД
- Минимизация последствий изменений воздухораспределения в ЦОД при блокировке воздушных потоков под фальшполом или перемещении вентрешеток

Пример оптимизации: Давление под фальшполом «холодного» коридора

consult

Спасибо за внимание!

Буду рад Вашим комментариям и запросам по почте gr@dcconsult.ru

dcconsult.ru / info@dcconsult.ru / +7(495) 669-6839