

Развенчание мифов: раскрытие правды о жидкостном охлаждении

Life Is On

Schneider
Electric

Спикер



Олжас Орманов

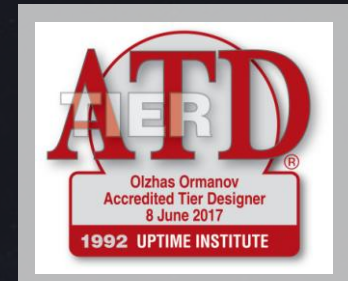
Pre-Sale Engineer

Schneider Electric

15 лет в индустрии ЦОД



[linkedin.com/in/olzhas-ormanov](https://www.linkedin.com/in/olzhas-ormanov)



Развенчание мифов: раскрытие правды о жидкостном охлаждении

01

Жидкостное охлаждение — это новый продукт, и только для ИИ

03

Жидкостное охлаждение убьет воздушное охлаждение

05

Жидкостное охлаждение требует полной переделки

02

Жидкостное охлаждение — залог устойчивости

04

Чиллеры больше не будут использоваться



1



ЖИДКОСТНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ — ЭТО **НОВЫЙ ПРОДУКТ**, И
ТОЛЬКО ДЛЯ **ИИ**



НЕ ПРАВДА

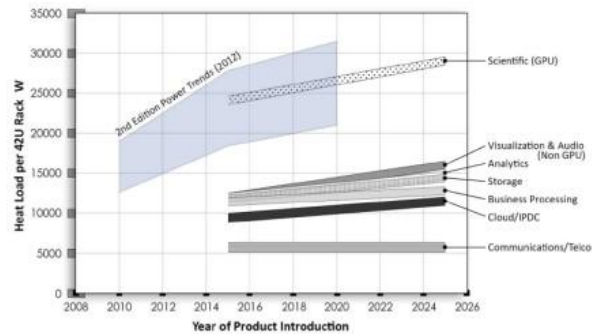
**ИИ УСКОРЯЕТ РОСТ ЖИДКОСТНОГО И ВОЗДУШНОГО
ОХЛАЖДЕНИЯ. ЖИДКОСТНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ — ЭТО НЕ
ПРОДУКТ, А АРХИТЕКТУРА**

Хоть это и не ново... это становится (более) реальным

Плотность стоек

2018

WP 28
2026 году нагрузка на научные исследования и искусственный интеллект увеличится с 18 кВт на стойку до 30 кВт на стойку



¹ The evolution of power trends for 2U 2-socket servers from 2nd edition (2012) to the 3rd edition (2018), American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers (ASHREA).

2020

WP 279
Переход на жидкостное охлаждение ... когда и почему

Five Reasons to Adopt Liquid Cooling

White Paper 279

by Paul Lee and Tony Day

Executive summary

If equipment into operation has been the primary driver for adopting liquid cooling, this is no longer the case. Today, the demands of cloud, IoT, AI, and edge applications are once again resulting in IT technology changes which impact the supporting cooling infrastructure. We summarize some of these changes below:

1. Rising chip and rack densities

Changes in IT equipment technology have always been a primary driver in the development of infrastructure cooling solutions. Today, the demands of cloud, IoT, AI, and edge applications are once again resulting in IT technology changes which impact the supporting cooling infrastructure. We summarize some of these changes below:

- **CPU power consumption has increased.** Processor performance continues to improve as the number of cores increases along with processor power. This results in a corresponding increase in CPU heat flux and overall higher heat density within the server enclosure itself. Meanwhile, overclocking is also used to improve compute performance in certain applications like gaming and high-performance computing, which also leads to hotter chips (as shown in Figure 1).
- **Increasing use of high-power GPUs.** With its origins in rendering 3D gaming, the GPU is being used alongside the CPU to accelerate computational workloads in areas such as finance, analytics, AI, scientific research, and oil & gas exploration. A CPU has relatively few cores with significant cache memory that can handle a few software threads at a time. GPUs are composed of hundreds of cores that can handle thousands of threads simultaneously and have correspondingly much higher power consumption (as shown in Figure 1).
- **Lower latency requirements result in increased heat density.** As component performance increases, the interconnections between these components start becoming a bottleneck in terms of latency. To take full advantage of this improved performance, CPUs, GPUs, and other components on the board such as the memory chipsets, are moving closer together to reduce latency. Resulting in increased physical density and temperatures within the server.

Расчетная тепловая мощность (TDP) CPU/GPU

с 2008 по 2025

Dell
TDP от 150 до 450Вт

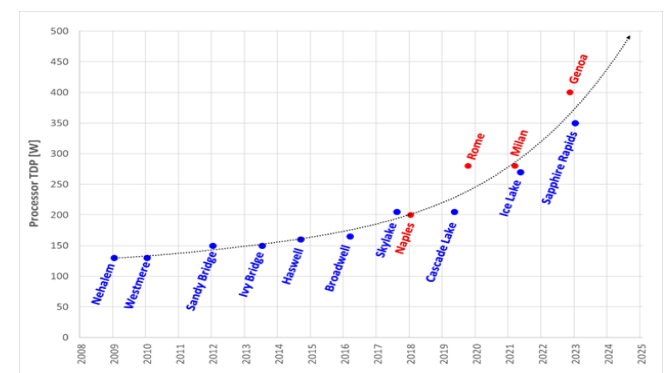


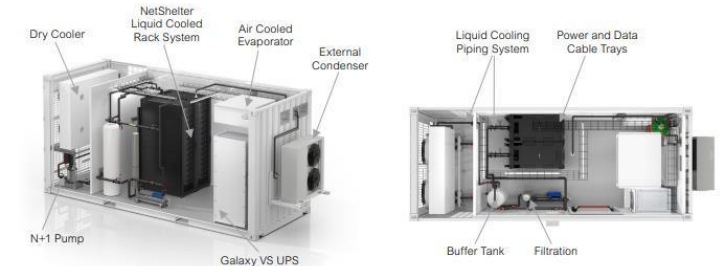
Fig 1. TDP trends over time
Dell, The Future of Server Cooling - Part 2: New IT hardware Features and Power Trends

2021

Решение SE
Модуль AI Ready мощностью 60 кВт

EcoStruxure Modular Data Center Liquid Cooling All-in-One Reference Design

Quick Reference Sheet (400V, 50Hz)



Standardized configuration houses up to 60kW IT load with high efficiency PUE

1.03

Life Is On

Schneider Electric

Отвод тепла с помощью воздуха достигает своего предела



ПЕРЕМЕСТИТЕ ОХЛАЖДЕНИЕ БЛИЖЕ К НАГРУЗКЕ, ЧТОБЫ СОКРАТИТЬ РАСХОДЫ И РЕШИТЬ ПРОБЛЕМУ УВЕЛИЧИВАЮЩЕЙСЯ ПЛОТНОСТИ

Архитектура жидкостного охлаждения

Дополнительное воздушное охлаждение

- Устройства для подачи наружного воздуха
- In-Room
- FanWall и CRAH
- In-Row
- RDHx

Установки отвода тепла

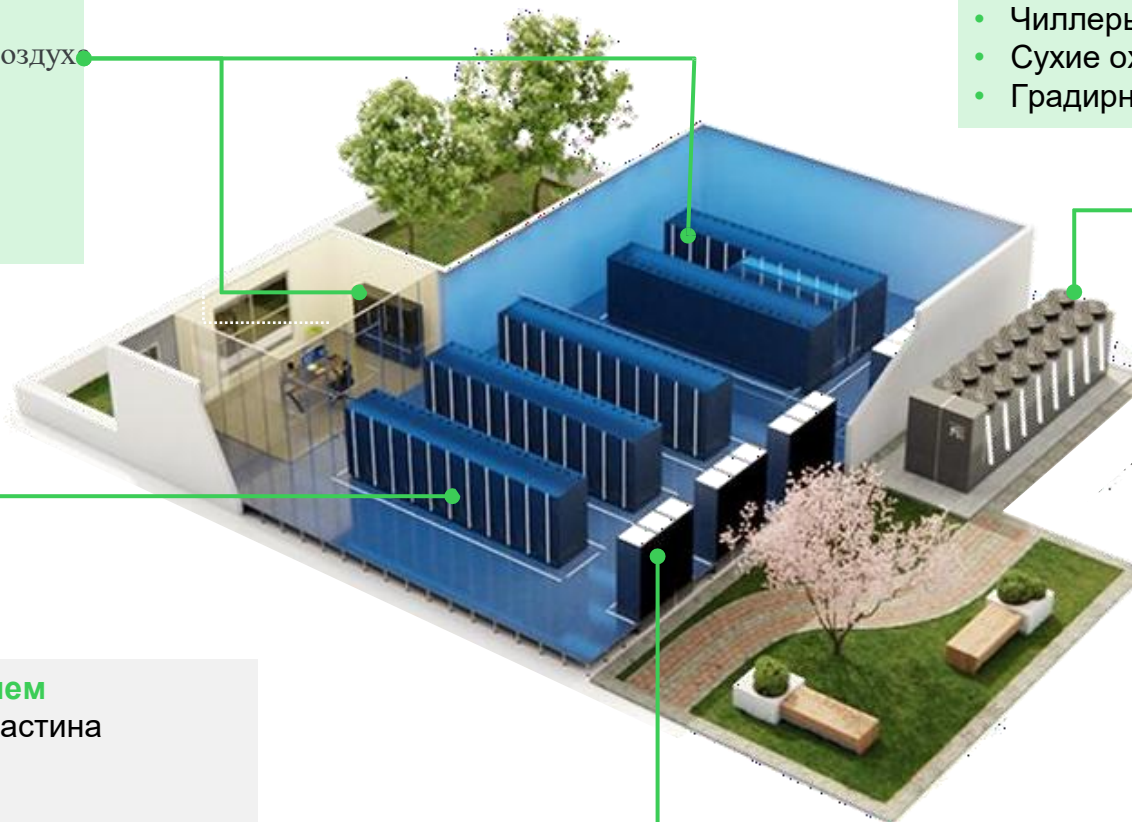
- Чиллеры
- Сухие охладители (Dry cooler)
- Градирни

Серверы с жидкостным охлаждением

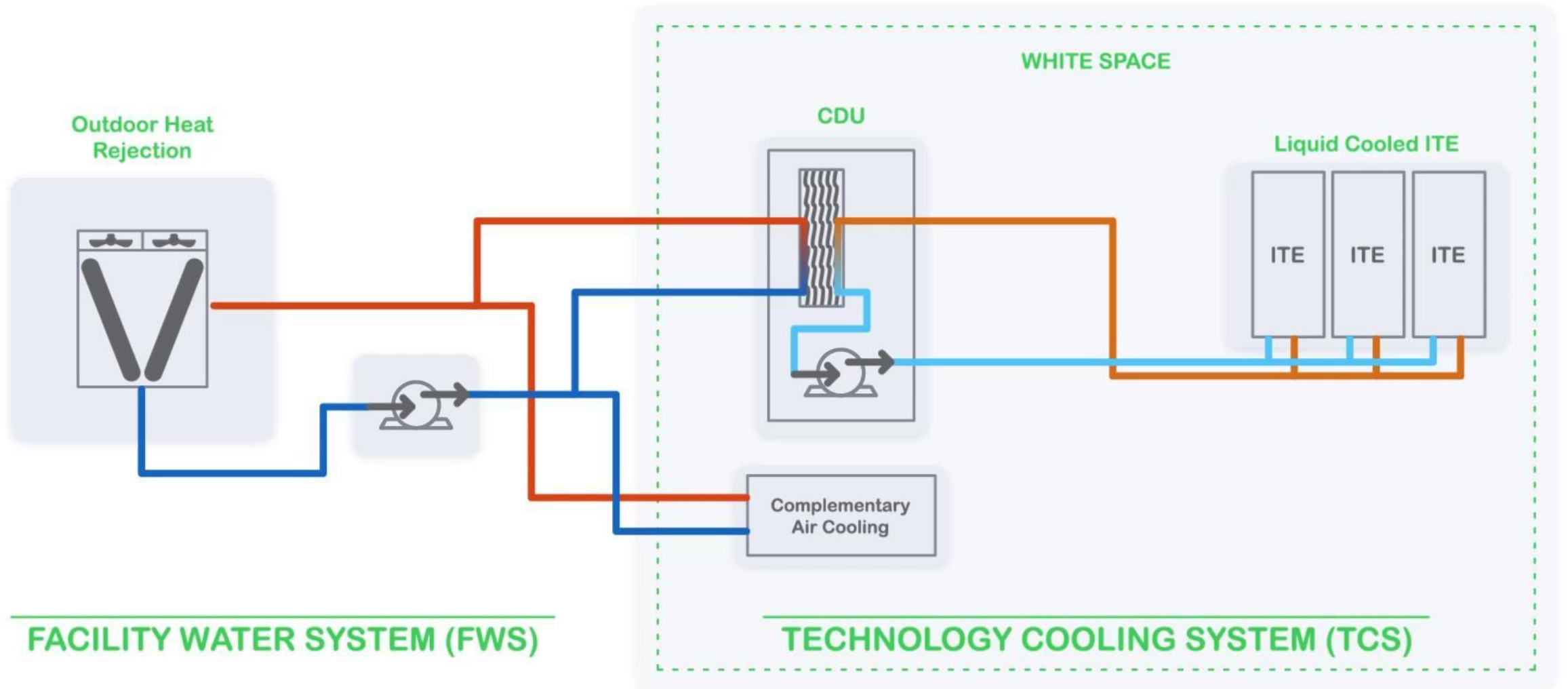
- Прямо на чип (DTC) – Холодная пластина
- Погружное – Шасси
- Погружное – Резервуар

Блок распределения охлаждающей жидкости

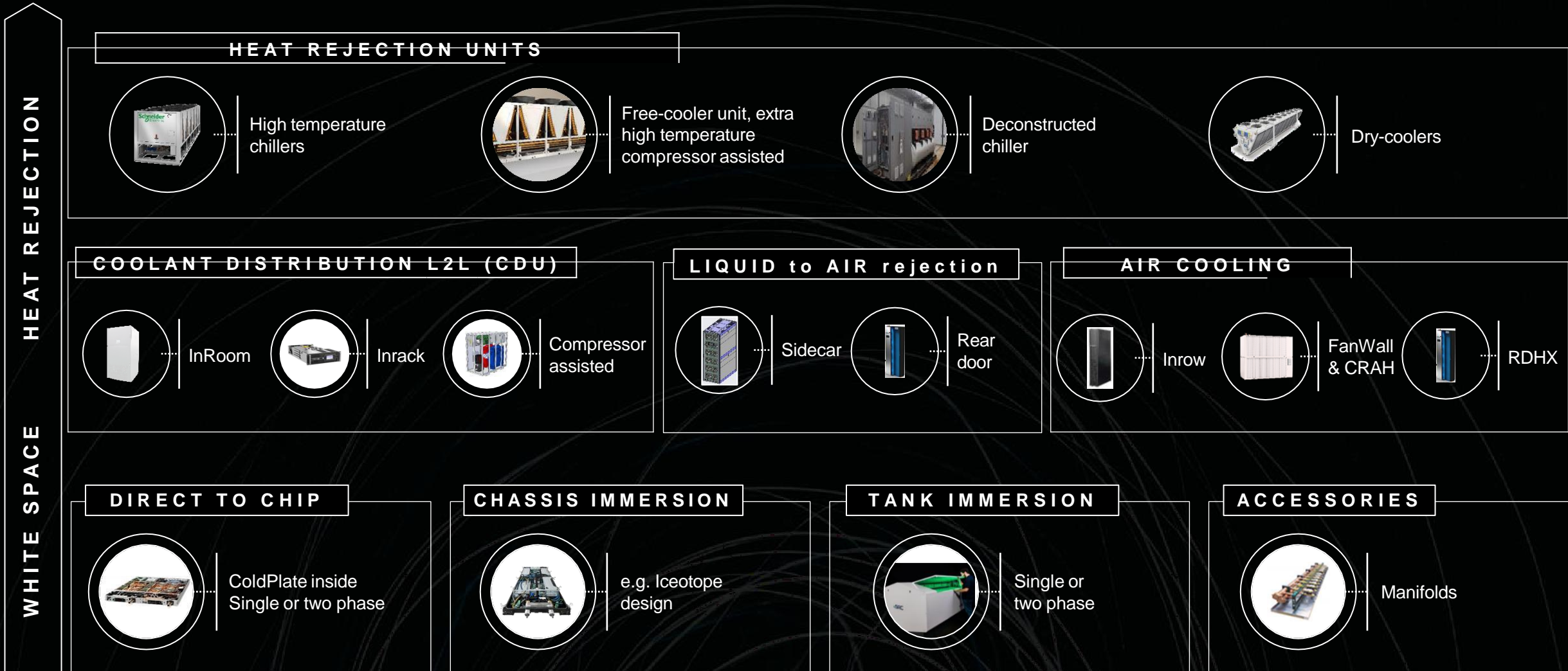
- CDU



Упрощенная архитектура жидкостного охлаждения ЦОД



Жидкостное охлаждение — это НЕ продукт, а архитектура

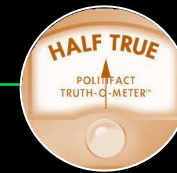




2



**УСТОЙЧИВОСТЬ — ОСНОВНОЙ ДВИЖУЩИЙ МЕХАНИЗМ
ПЕРЕХОДА К ЖИДКОСТНОМУ ОХЛАЖДЕНИЮ**



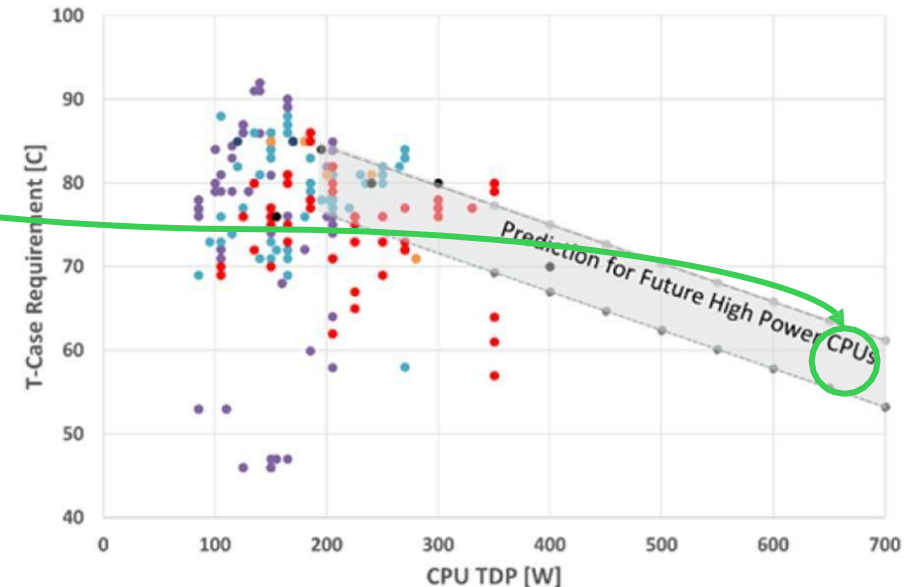
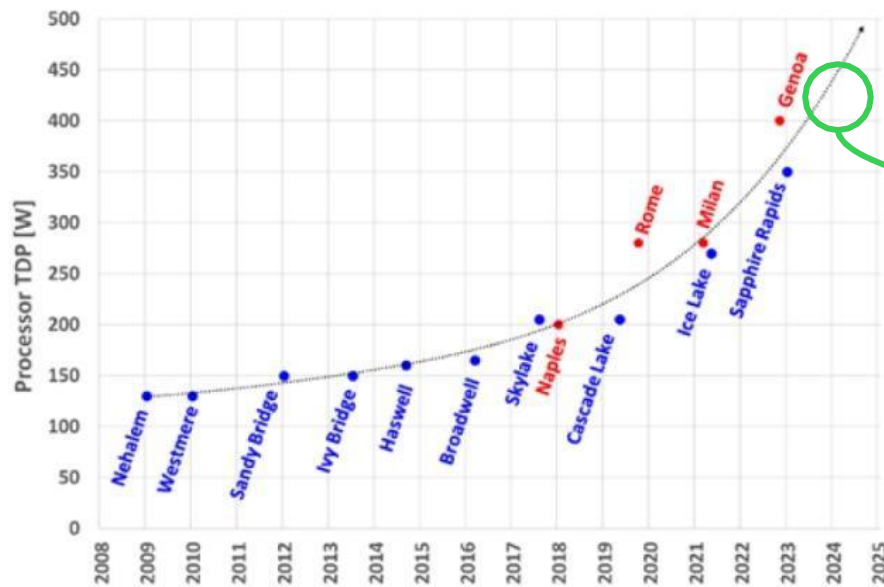
НАПОЛОВИНУ ПРАВДА

**ЖИДКОСТНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ УСТОЙЧИВА, НО
УПЛОТНЕНИЕ НАГРУЗКИ ЯВЛЯЕТСЯ КЛЮЧЕВЫМ
ФАКТОРОМ, ВЛИЯЮЩИМ НА ДЕКАРБОНИЗАЦИЮ ЦОД И
ПЕРЕХОД НА ЖИДКОСТНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ**

Плотность чипа определяет температуру и отвод тепла наружных блоков

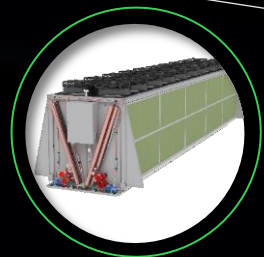
ТЕНДЕНЦИЯ УВЕЛИЧЕНИЯ МОЩНОСТИ ПРОЦЕССОРА

ОГРАНИЧЕНИЯ КРЕМНИЯ ПРИВОДЯТ К СНИЖЕНИЮ ТЕМПЕРАТУР ДЛЯ РАБОТЫ С БОЛЕЕ ВЫСОКИМИ МОЩНОСТЯМИ



Жидкостное охлаждение в сочетании с температурными ограничениями корпуса процессора обеспечивает широкий диапазон требуемых температур воды

	350Вт (22кВт/Шкаф)	500кВт	700Вт
ОТВОД ТЕПЛА ПРОЦЕССОРОВ ИИ			
ТЕМПЕРАТУРА КОРПУСА ЧИПА	75°C	68°C	58°C
ТЕМПЕРАТУРА ВОДЫ	48°C*	38°C	27°C



Драйкулер и адиабатические охладители



Естественное охлаждение, с помощью компрессора (до 40°C)



Естественное охлаждение, с помощью компрессора (до 40°C)



Раздельный чиллер и турбокор



Устойчивость НЕ является основным фактором развития жидкостного охлаждения.



**ОТЛИЧНЫЙ ВЫБОР ДЛЯ
ДЕКАРБОНИЗАЦИИ, НО
КАК ДОЛГО ОН БУДЕТ
СОПРОТИВЛЯТЬСЯ**

Низкая плотность позволяет использовать решения без компрессора и/или нулевой расход воды для адиабатики. Перепроектирование Машзала компенсируется огромной экономией выбросов CO2 и OPEX

<40kW/rack



**ТЕХНИЧЕСКИ ЭТО ВОЗМОЖНО,
ОДНАКО НАША ПЛАНЕТА
ДОСТОЙНА ЛУЧШЕГО ВЫБОРА**

Воздушное охлаждение по-прежнему возможно, однако рекомендации ASHRAE влияют на максимально допустимую температуру воздуха, что снижает эффективность и существенно влияет на CAPEX

50kW/rack



**НЕТ ДРУГИХ СПОСОБОВ,
КРОМЕ ЖИДКОСТНОГО
ОХЛАЖДЕНИЯ!**

Выбора нет, жидкостное охлаждение — единственное жизнеспособное решение для поддержки высокой плотности. Это уже не дискуссия об устойчивости.

>60kW/rack



3



**ЖИДКОСТНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ УНИЧТОЖИТ
ВОЗДУШНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ**



НЕ ПРАВДА

**НА ЖИДКОСТНОМ ОХЛАЖДЕНИИ ВОЛНА 1, ПО КРАЙНЕЙ МЕРЕ
ГИБРИДНЫЕ СИСТЕМЫ БУДУТ ПЕРВОЙ ВОЛНОЙ, А
ТАКЖЕ ПРЯМО НА ЧИП. ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ КОМНАТА В
ЛЮБОМ СЛУЧАЕ ОСТАНЕТСЯ**

Различные типы технологий жидкостного охлаждения

Прямое охлаждение чипа (Direct-to-Chip (DTC))

- Использует охлаждающие пластины для охлаждения компонентов сервера
- Удаляет 60-90% тепла сервера с помощью жидкости
- Наиболее широко применяемая технология жидкостного охлаждения (на сегодняшний день)
- Используется в Эталонном проекте от SE



Иммерсионное охлаждение (Immersion)

- Погружение компонентов в токонепроводящую жидкость для охлаждения компонентов сервера
- Удаляет >95% тепла сервера через жидкость (вентиляторы сервера не требуются)
- На сегодняшний день не так широко распространено, как DTC



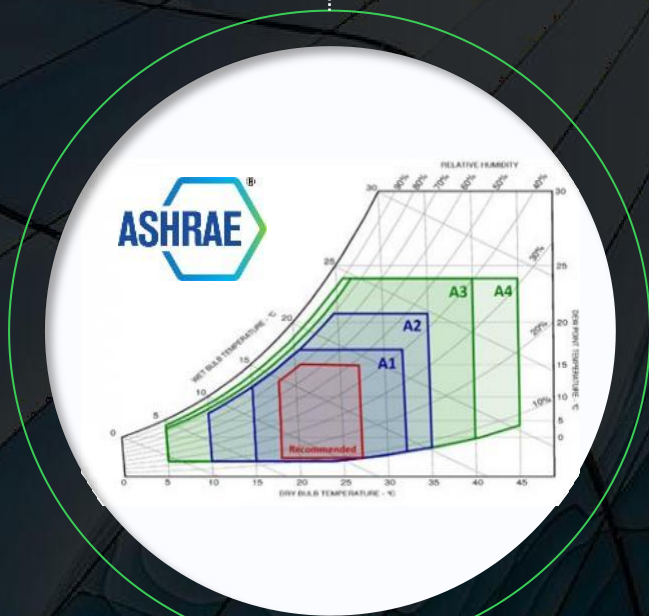
Дополнительное воздушное охлаждение в архитектурах с жидкостным охлаждением

Решение	Дополнительное воздушное охлаждение для серверов	Дополнительное воздушное охлаждение для коммутаторов и хранилищ	Дополнительное воздушное охлаждение для технического помещения (ИБП)
 <p>Погружение в бак</p> 	<p>5% ИТ-нагрузки</p> 	<p>5-10% ИТ-нагрузки</p> 	<p>10% ИТ-нагрузки</p> 
 <p>Погружение шасси</p> 	<p>5% ИТ-нагрузки</p> 	<p>5-10% ИТ-нагрузки</p> 	<p>10% ИТ-нагрузки</p> 
 <p>Прямо на чип</p> 	<p>25/30% ИТ-нагрузки</p> 	<p>5-10% ИТ-нагрузки</p> 	<p>10% ИТ-нагрузки</p> 

Жидкостное охлаждение меняет представление о воздушном охлаждении

Воздушное охлаждение необходимо и будет необходимо в системах жидкостного охлаждения.

Рекомендации ashrae предназначены для CPU/GPU, другие компоненты которых требуют высоких температур



ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ

Почему RDHx ?
Рост INROW

- Оптимизация пространства
- Новые температуры требуют компактные устройства

ЧТО ЕЩЕ ЕСТЬ
КРОМЕ СЕРВЕРОВ?

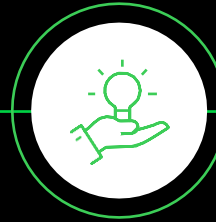
Вероятно, потребуются DX-CRAC

ГИБРИДНЫЕ
ПРОСТРАНСТВА

- Низкие температуры, несмотря на жидкость
- Требуется новая архитектура



4



ЧИЛЛЕРЫ БОЛЬШЕ НЕ БУДУТ ИСПОЛЬЗОВАТЬСЯ



НЕ ПРАВДА
ЭТО ЗАВИСИТ ОТ НАГРУЗКИ

ASHRAE провела предварительный показ готовящейся к публикации книги Liquid Book

Основные руководящие принципы

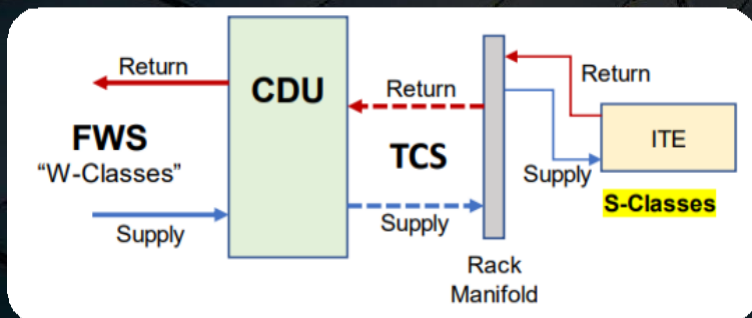
1. В книге также впервые представлены классы **S**, которые определяют температуры подачи TCS (технология охлаждения) на сервер.
2. Температуры очень изменчивы, от довольно высоких до близких к текущим диапазонам
3. Решение принимается на основе приблизительных оценок производителей серверов — класс температуры связан с чипом, и поэтому они будут поступать от производителя сервера. Это не будет температура, подходящая всем

Производители ИТ и кремниевых компонентов смогут указать температуру, необходимую для полной бесперебойной работы. Поскольку отраслевые тенденции повышают мощность чипов, способность охлаждать эти чипы водой с температурой 40 °C или выше снижается.

Проектировщикам объектов, которые когда-то думали, что могут просто использовать сухие охладители, придется планировать быстро приближающееся будущее, когда чипы мощностью 1000 Вт и более станут нормой — нужно будет использовать охладители.

Классы жидкостного охлаждения TCS (S-классы)

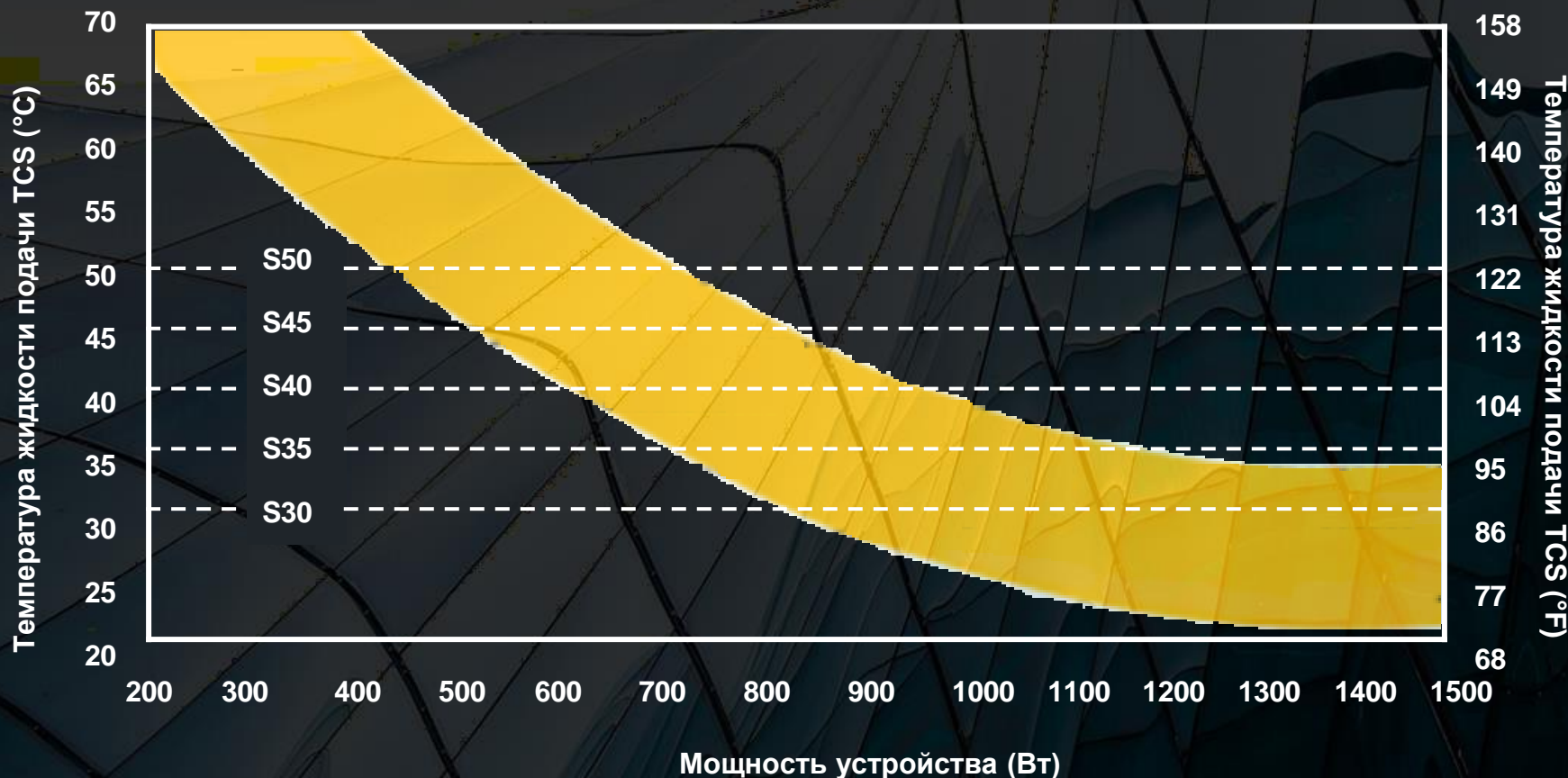
Класс жидкости TCS	Типовой проект инфраструктуры		Максимальная температура подачи TCS 1	Типичный FWS2
	Общие объекты FWS	Объекты TCS		
S30	Чиллер / градирня	CDU	30°C (86F)	24-27°C
S35	Чиллер / градирня		35°C (95F)	29-33°C
S40	Градирня		40°C (104F)	34-37°C
S45	Градирня/сухие охладители		45°C (113F)	41-42°C
S50	Сухие охладители		50°C (122F)	44-47°C



1 Минимальная температура для всех классов составляет на 2°C выше измеренной точки росы воздуха в ЦОД, чтобы избежать образования конденсата

2 FWT примерно на 5°C холоднее, чем TCS из-за CDU

Перспективные рекомендации по расходу и температуре TCS

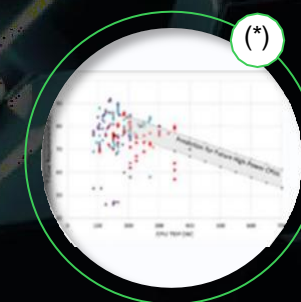
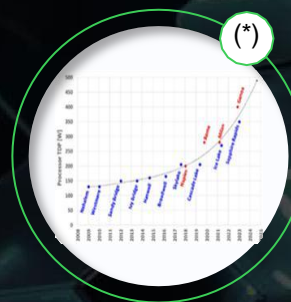


Основные принципы проектирования

1. Расход ITE 1,5 л/мин на расчетную мощность с жидкостным охлаждением (повышение температуры на 10 °C (19 °F) при нагрузке со смесью PG25-вода
2. Руководство для смеси пропиленгликоля и воды 25 %
3. Минимальная температура для всех классов на 2 °C (3,6 °F) выше измеренной точки росы воздуха в центре обработки данных, чтобы избежать конденсации

Безводные решения являются ключевыми

- Чем выше тепловой дизайн процессора, тем ниже температура корпуса МОЖЕТ потребоваться
- Применения жидкостного охлаждения ПОТЕНЦИАЛЬНО становятся холоднее в качестве тенденции, поэтому меньше шансов не использовать компрессоры



МЕСТА, ГДЕ КОМПРЕССОРЫ НЕ ТРЕБУЮТСЯ, ОСНОВАННЫЕ НА 150 ГЛОБАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПРОФИЛЕЙ

Использование воды	Нагрузка	Локация
ДА	500Вт	90%
	700Вт	Нет
НЕТ	500Вт	5%
	700Вт	Нет

В мире с высокой плотностью и требованиями к более холодным чипам экспертиза в области компрессоров и хладагентов является ключом к созданию безводного, устойчивого и эффективного ЦОД.

Agudmented Inference Learning

Latitude

Life Is On

Schneider Electric



НИЗКАЯ ПЛОТНОСТЬ ХОЛОДНЫЙ КЛИМАТ

Сухие охладители

- Сухие охладители для высоких температур воды и/или холодных зон
- Выбраны в качестве переходного решения





ИИ ГДЕ УГОДНО

Раздельный чиллер и турбокор

- Раздельный чиллер с водяным охлаждением «Trim» для работы с гибридными архитектурами, жидкостным и воздушным охлаждением
- Спроектирован для максимизации эффективности при температурах AI





ЛЮБЫЕ ПЛОТНОСТИ ТЕПЛЫЙ И ЖАРКИЙ КЛИМАТЫ

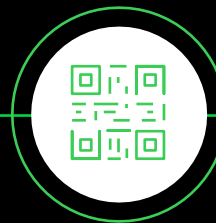
Устройство свободного охлаждения с компрессором

- Устройство свободного охлаждения со сверхвысокотемпературным компрессором для обеспечения перехода на жидкостное охлаждение
- Разработано для обеспечения гибкости в условиях неопределенности проектных рекомендаций





5



**ЖИДКОСТНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ СЛОЖНЫЙ, СОВЕРШЕННО
НОВЫЙ ПРОДУКТ, ТРЕБУЕТ ПОЛНОГО ПЕРЕДЕЛА**



**СОХРАНЯЙТЕ СПОКОЙСТВИЕ И ИСПОЛЬЗУЙТЕ
ЭТАЛОННЫЙ ПРОЕКТ**

**ПЕРЕХОД МОЖНО УПРАВЛЯТЬ, БУДУЩЕЕ ГОТОВОЕ
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВОЗМОЖНО С ЭТАЛОННЫМ ПРОЕКТОМ**

Вопросы воздушного охлаждения для модулей ИИ

1. Требования к воздушному охлаждению

Высокая плотность мощности модулей ИИ требует большого количества воздушного охлаждения



2. Влияние на инфраструктуру ИТ-комнаты

- Ширина изоляции горячего коридора увеличивается из-за большого количества воздушного потока
- Необходимы помещения без фальшпола из-за веса стоек
- FanWall **Uniflair FWCV** лучше всего подходит для размещения без фальшпола с горячими коридорами



3. Проверка конструкции охлаждения

- CFD моделирование помогает определить правильную планировку помещения с ИТ
- **Ecostruxure IT Advisor CFD** моделирует поток воздуха в помещении с ИТ

Модернизация ИТ-комнат для модулей ИИ

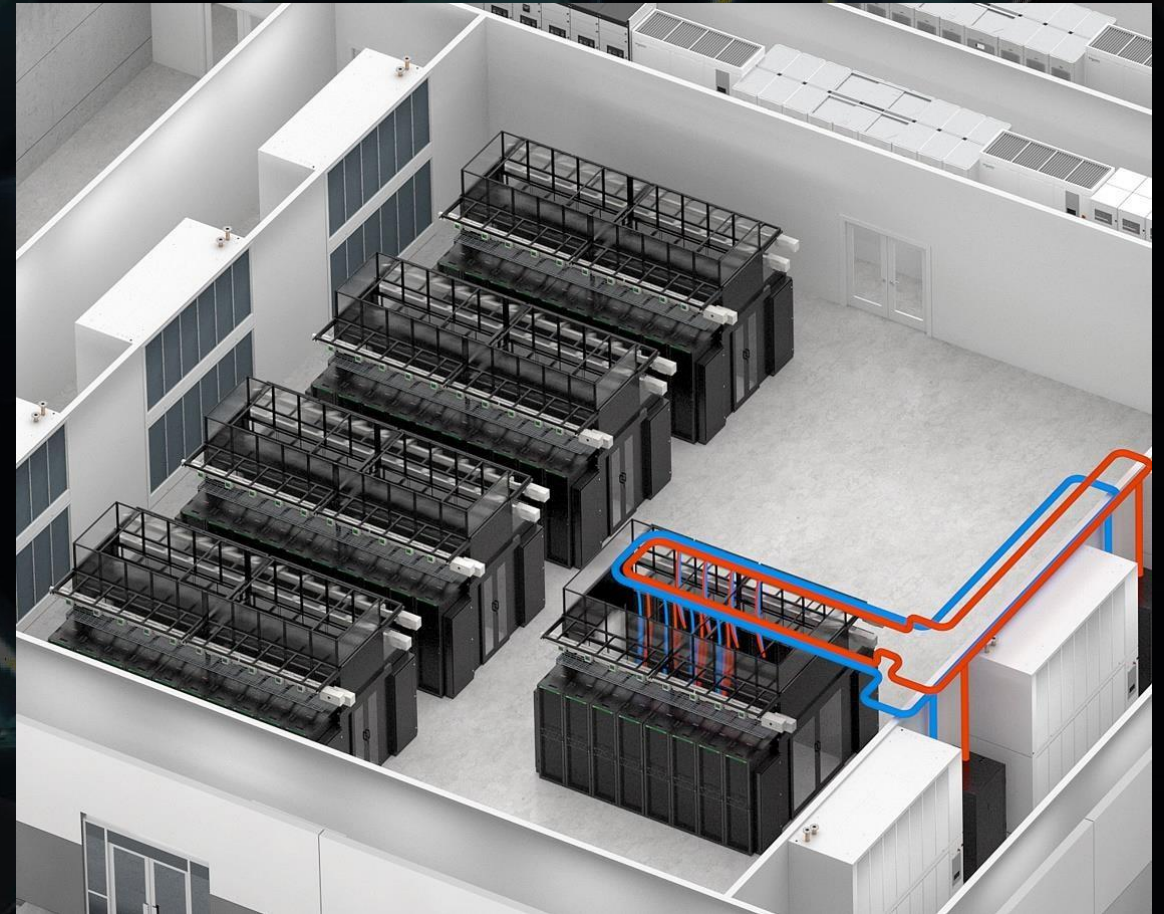
Модернизация ИТ-комнаты с модулем ИИ на жидкостном охлаждении

Модули ИИ с воздушным охлаждением

- Развернуто с использованием уже существующих систем охлаждения с минимальными обновлениями ИТ-комнаты

Модули ИИ с жидкостным охлаждением

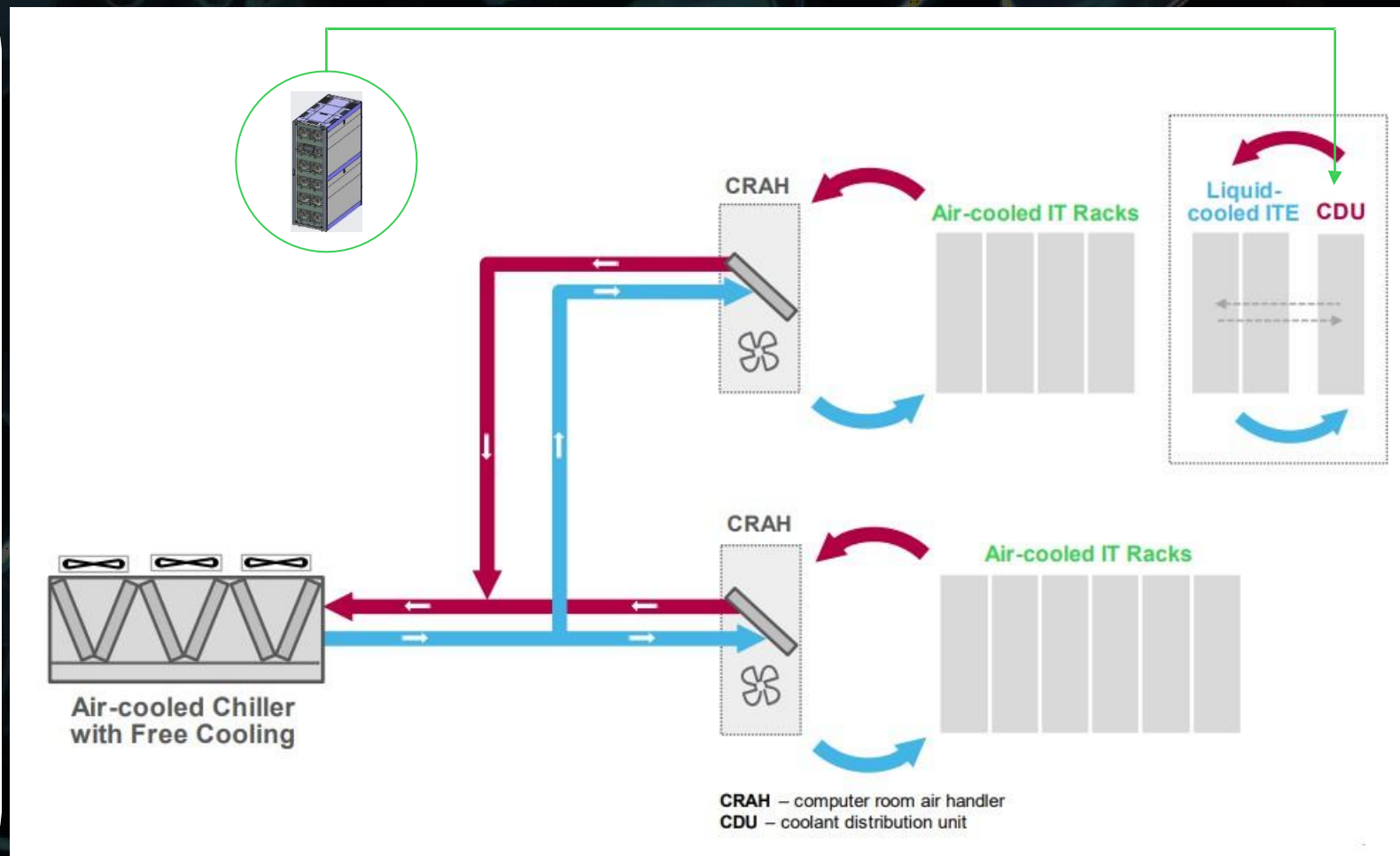
- Необходимо установить блоки распределения охлаждающей жидкости (CDU)
- Для Жидкостно-воздушные CDU не нужна вода
- Для Жидкостно-жидкостный CDU нужна вода



Существующий ЦОД– Жидкостно-воздушные CDU

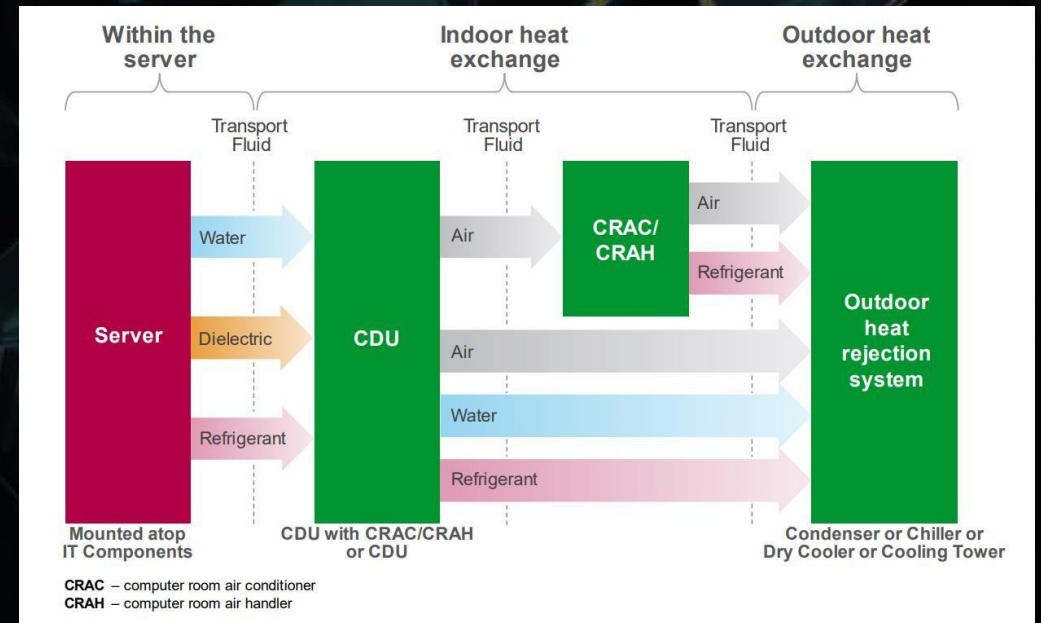
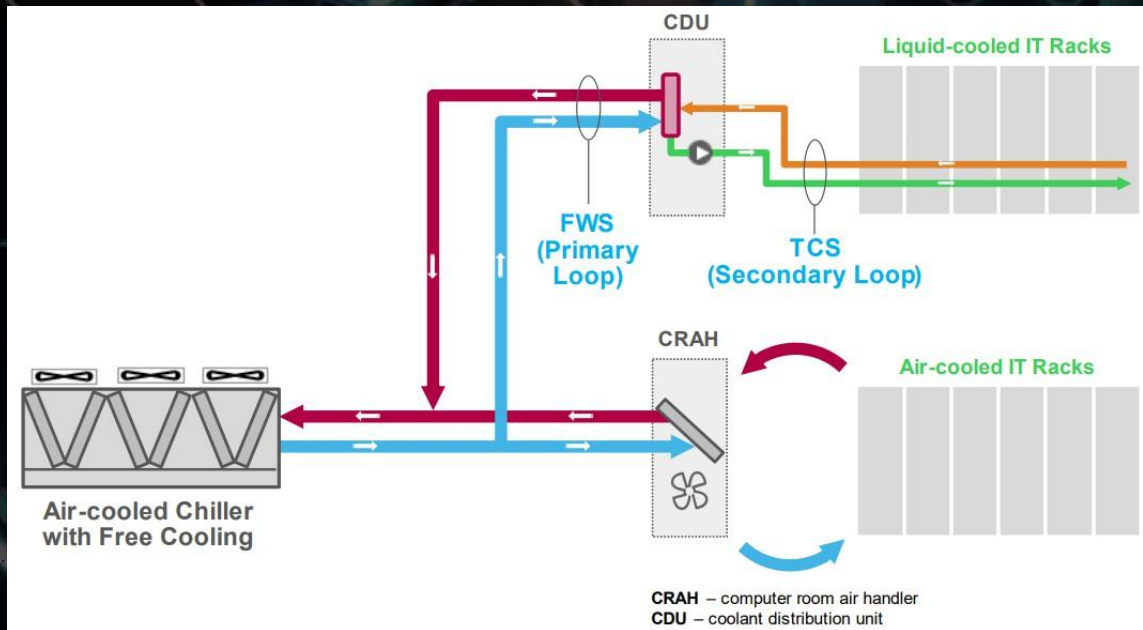
Быстро и просто, подходит для нескольких стоек

- В некоторых ЦОД нет чиллерной системы или возможности подключения к системам водоснабжения объекта или, просто, они только начали миграцию
- Жидкостно-воздушные CDU могут использоваться для отвода тепла в ИТ-пространство, а затем перемещаться существующими воздушными системами.
- Архитектура не оптимизирована для эффективности, но позволяет развертывать ИТ с жидкостным охлаждением.



Жидкостное охлаждение – подключение к системе чиллера

Блок распределения охлаждающей жидкости (CDU) обеспечивает подачу охлаждающей жидкости в ИТ-стойки с жидкостным охлаждением.



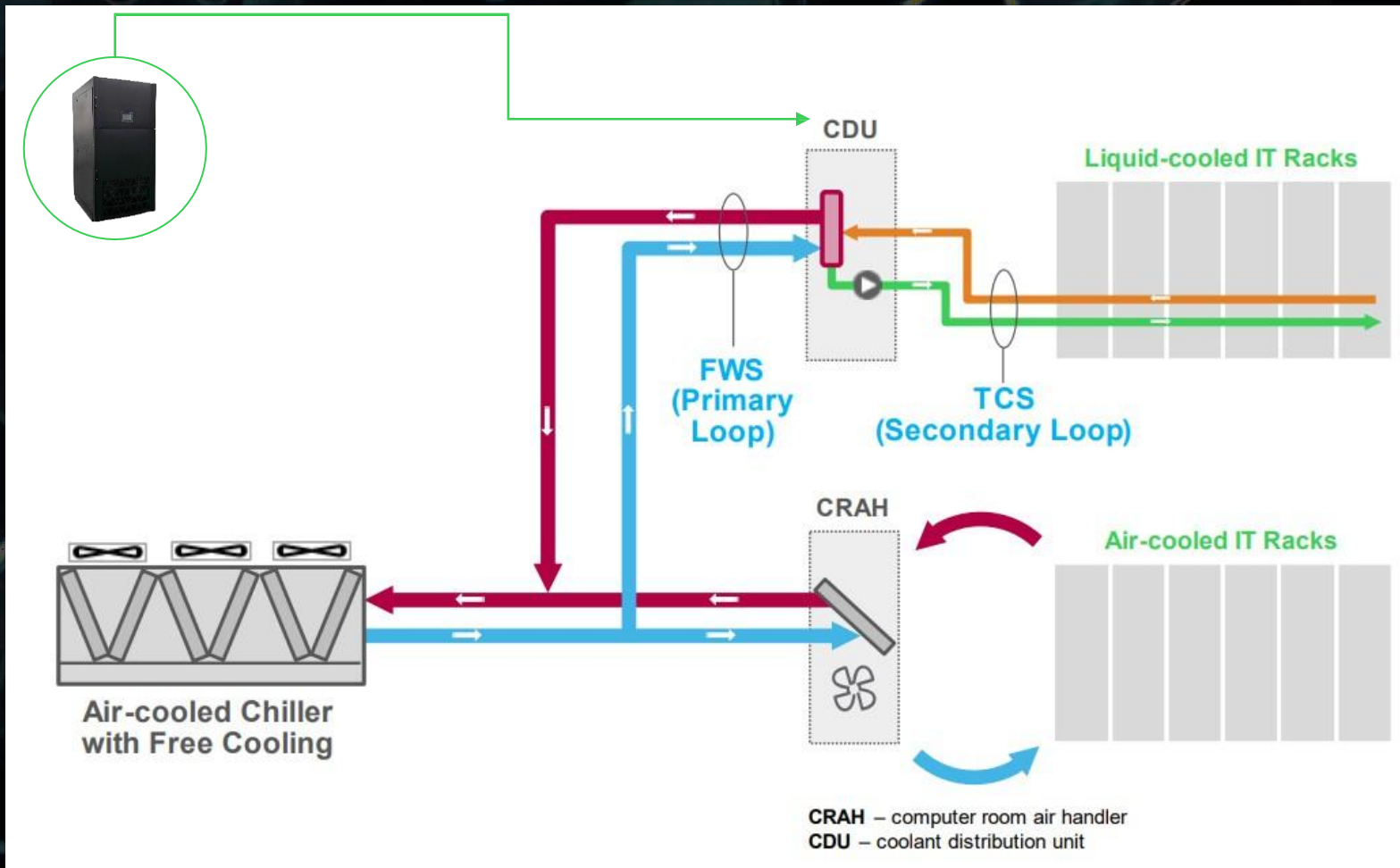
5 основных функций CDU

- 1 Контроль температуры
- 2 Контроль потока сервера
- 3 Контроль давления воды
- 4 Очистка жидкости
- 5 Теплообмен и разделение

Существующий ЦОД– Жидко-жидкостный CDU

Гибридные системы

- Многие объекты имеют чиллерную систему или конденсаторную воду, к которым могут подключаться CDU.
- Это позволяет более эффективно перемещать тепло жидкостного охлаждения наружу, используя максимизацию естественного охлаждения.
- Макс. допустимая дельтаТ на охладителе является
- ключом к максимизации этого решения



Строительство новых ЦОД для модулей ИИ с жидкостным охлаждением

Новая ИТ-комната с жидкостным охлаждением для ИИ

Более высокая температура воды



Новое холодильное оборудование

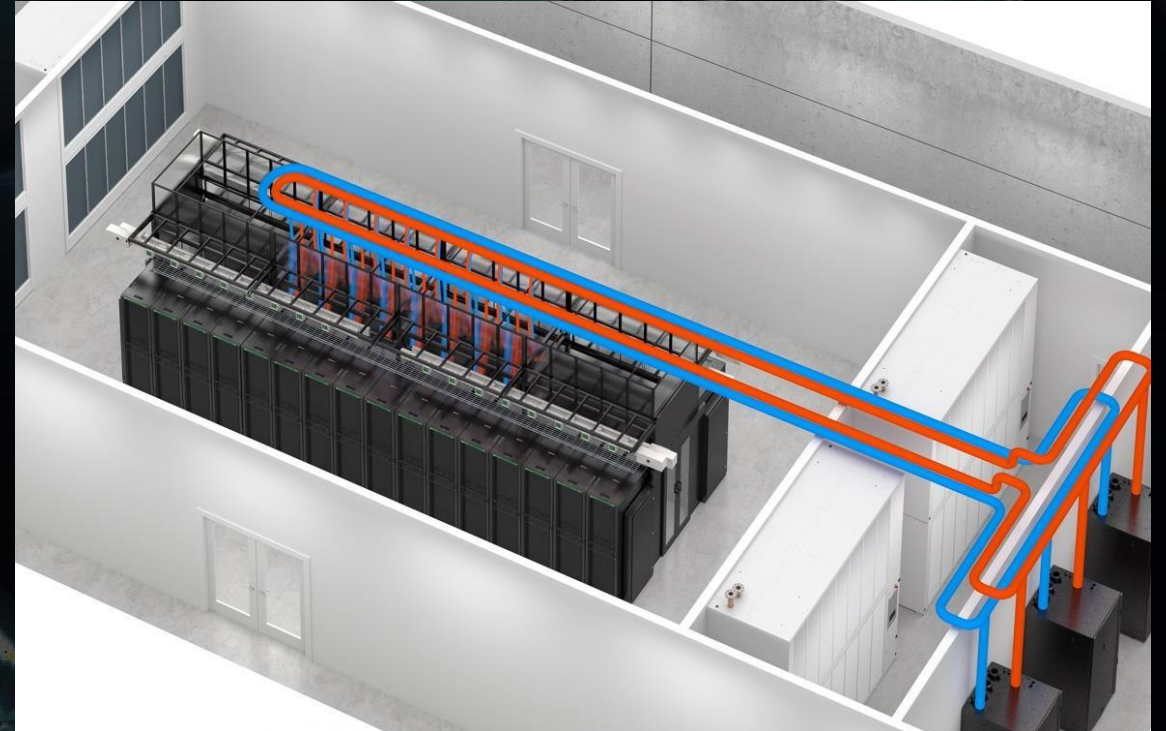


Повышение энергоэффективности

ИТ с жидкостным охлаждением работает при более высоких температурах воды

1. Uniflair XRAF Extra High Temp Chiller
2. Uniflair BCEF super efficient

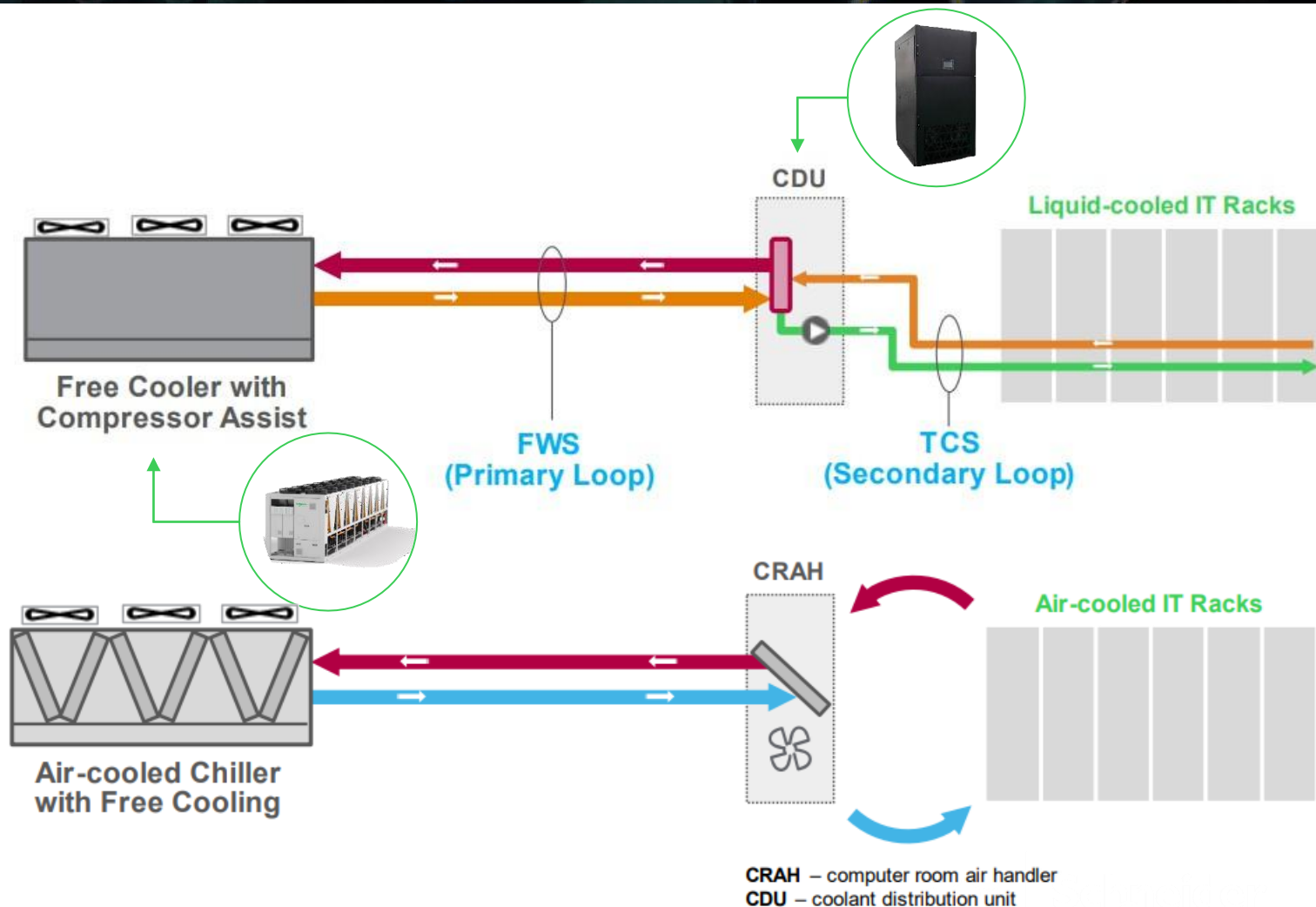
15% повышение энергоэффективности



Новый ЦОД— оптимизировано для повышения эффективности

Эффективность и перспективность

- При развертывании жидкостного охлаждения для нового ЦОД температура воды может быть оптимизирована с помощью двух контуров и двух систем отвода тепла.
- При использовании компрессора свободного охлаждения диапазон рабочих температур в 2 раза шире, чем у любого чиллера, подходит для максимизации свободного охлаждения и оптимизации заданного значения



Life Is On



Schneider
Electric