



Лебедев Сергей
Исполнительный директор
ПАО Сбербанк

Высоконагруженные IT системы

Нормативная классификация ИТ-стоек

Согласно ГОСТ Р 70139—2022

(приложение А. п.А.6.1, показатель П1.06.01.

Энергонагруженность на серверный монтажный шкаф) ИТ-стойки по плотности компоновки оборудования с учетом энергопотребления имеют следующую классификацию:

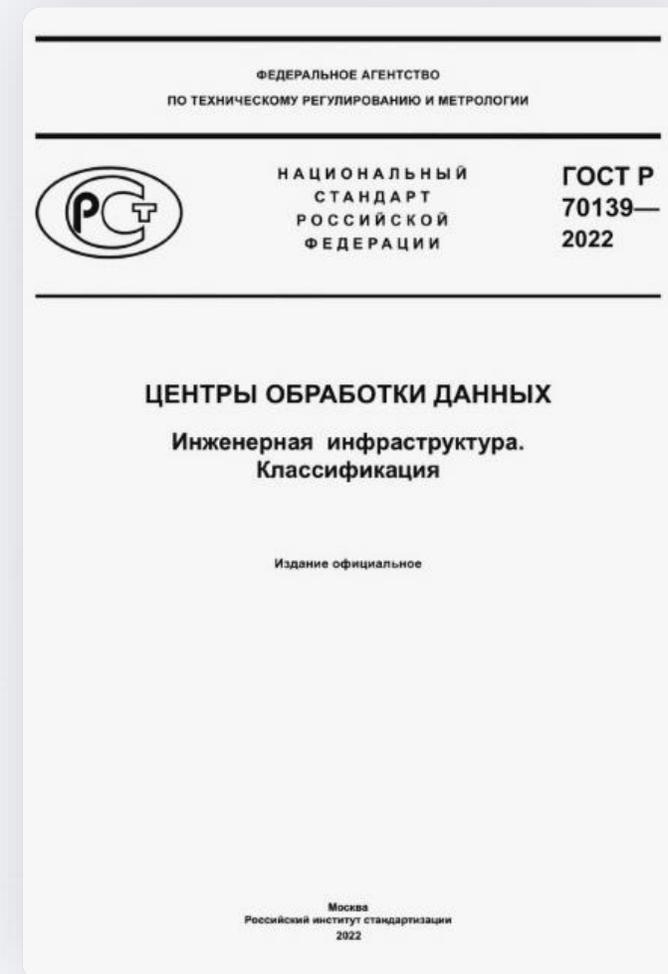
Класс Е - не более 4 кВт

Класс D - 5 ÷ 8 кВт

Класс С - 9 ÷ 16 кВт

Класс В - 16 ÷ 25 кВт

Класс А - более 25 кВт



Условная классификация ИТ-стоек по энергопотреблению

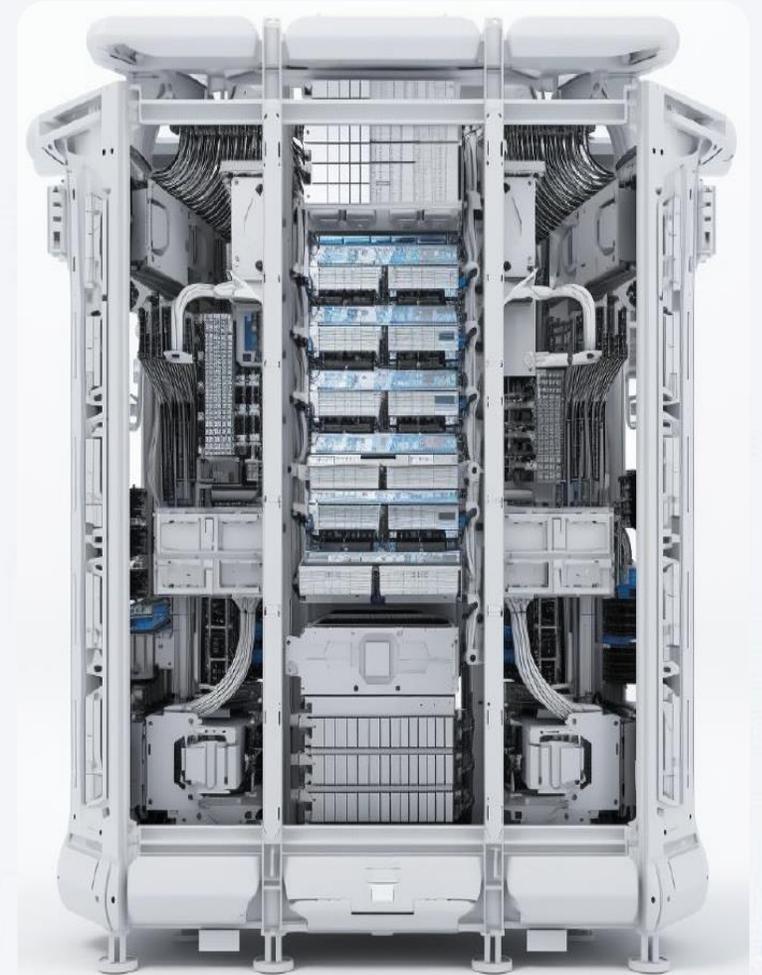


Причины увеличения мощности ИТ-стоек

- Рост вычислительной мощности
- Развитие суперкомпьютеров
- Развитие искусственного интеллекта
- Ограничение на длину соединительных линий

Уровень потребления энергии серверными процессорами в 2010-2015 годах составлял около 100 Вт. Сейчас – 350 Вт, в 2025 – 500 Вт.

Графические акселераторы NVIDIA GPU SXM4 мощностью 500 Вт разработки 2022г. На смену им приходят SXM5 с потребляемой мощностью до 700 Вт.



Задачи в системе электроснабжения

Неприменимость стандартных PDU – в стойках более 40кВт из-за больших габаритов

Повышенная температура - увеличение риска ложного срабатывания защитных автоматов

Нестандартное резервирование блоков питания в стойках ИИ – может потребовать 3-х и более лучевую схему резервирования

Задачи в системе охлаждения

Разный уровень тепловыделения

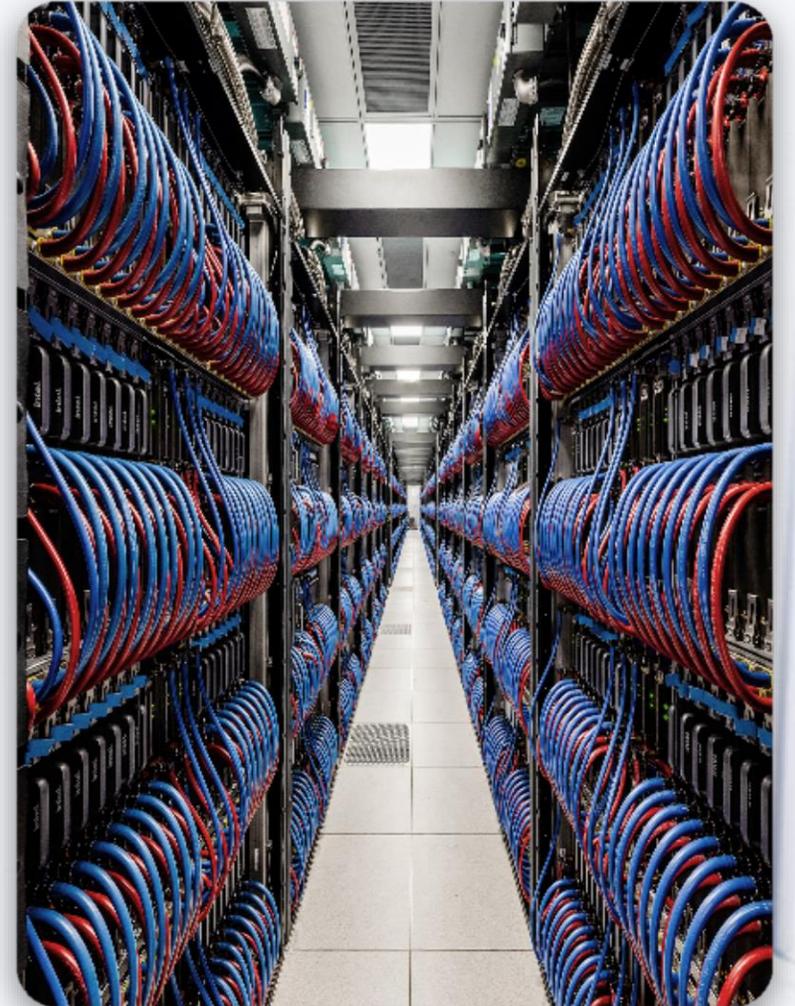
компонентов ИТ может потребовать комбинированный подход при выборе способов охлаждения (водяное + воздушное)

Риски локального перегрева оборудования

Физические и конструктивные ограничения

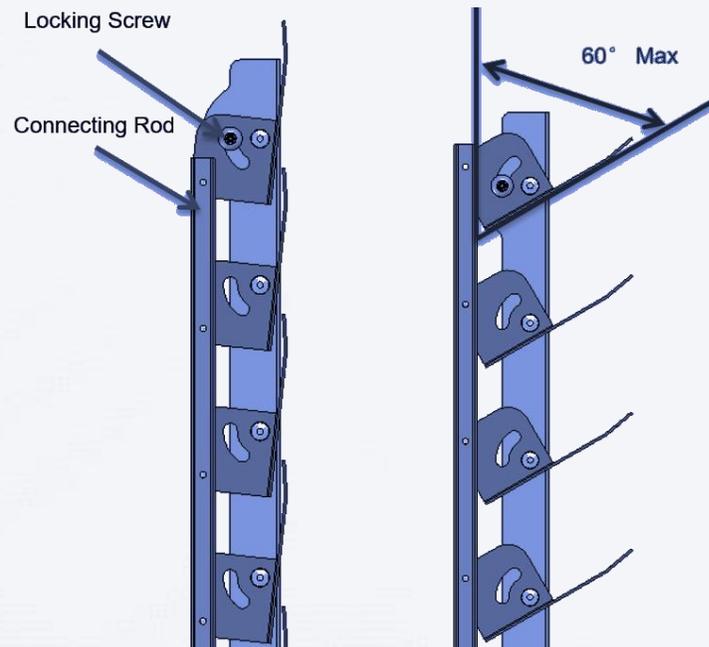
возможности охлаждения воздухом

Шум – высокие шумовые нагрузки в помещении (более 100 дБ)



Ламели как способ устранения локальных перегревов

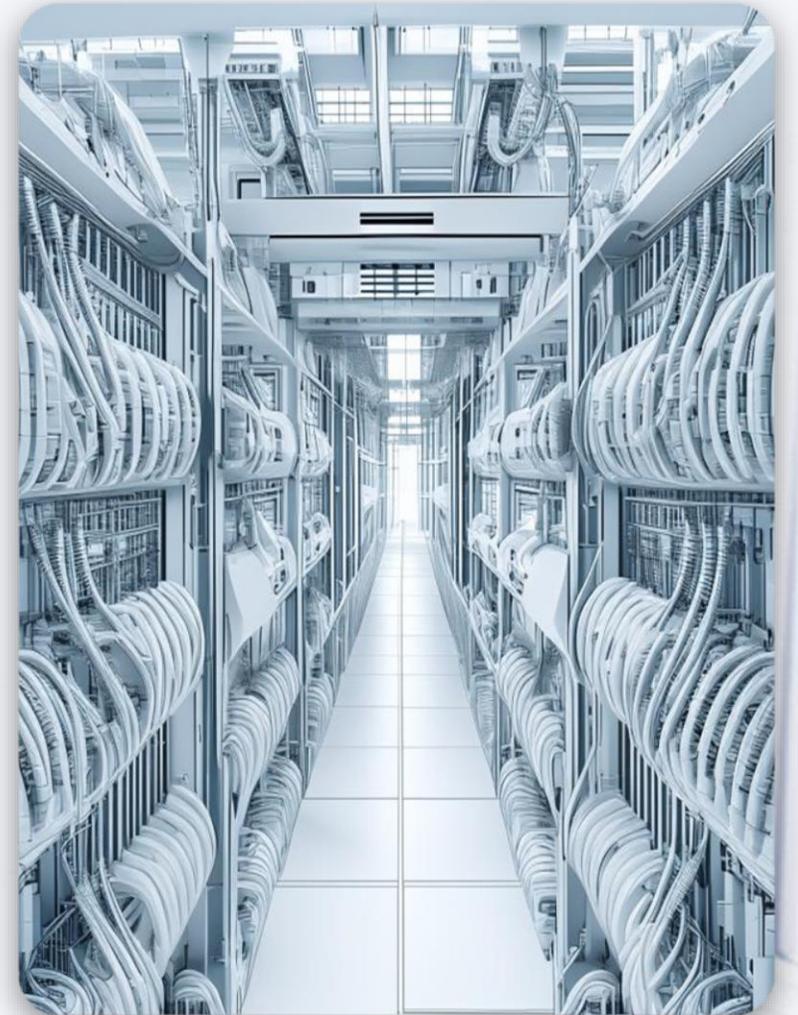
- Уменьшение взаимодействия встречных воздушных потоков
- Защита от перетока воздуха между стойками разной мощности



Способы охлаждения

- Воздушное охлаждение
- Жидкостное охлаждение (контактное, иммерсионное)
- Комбинированное охлаждение (водяное + воздушное)

Применение жидкостных систем охлаждения требует согласования с ИТ



Возможно ли охладить воздухом стойку 100 кВт?

При увеличении плотности набивки ИТ-стойки увеличивается внутреннее сопротивление потоку воздуха. Электрическая мощность вентилятора пропорционально кубу его производительности.

МОЩНОСТЬ ИТ-СТОЙКИ, кВт	ПЕРЕПАД ТЕМПЕРАТУРЫ, °С	ТЕМПЕРАТУРА ВХОД / ВЫХОД, °С	РАСХОД ВОЗДУХА, М ³ /ЧАС	ПОТЕРИ ДАВЛЕНИЯ ВНУТРИ СЕРВЕРА, Па	МОЩНОСТЬ ВЕНТИЛЯТОРОВ, кВт	МОЩНОСТЬ ИТ, кВт	СООТНОШЕНИЕ МОЩНОСТИ, %
15	15	25 / 40	2 994	50	0,10	15	0,7
30	15	25 / 40	5 988	200	0,83	29	2,8
60	15	25 / 40	11 976	800	6,65	53	11,1
100	15	25 / 40	19 960	2222	30,80	69	30,8
100	12	40 / 52	24 950	3472	60,16	40	60,2

Выполнен оценочный расчет



Вторая часть:

варианты

жидкостного охлаждения

Приложения:

Жидкостное охлаждение

Жидкости обладают высокой теплоемкостью по сравнению с воздухом

Жидкостное охлаждение может происходить **без изменения агрегатного состояния** жидкости (однофазное), так и **с фазовым переходом** (двухфазное)

Основные направления технологии жидкостного охлаждения:

Контактное (водяное)
охлаждение

Отвод тепла теплосъёмными панелями

Погружное (иммерсионное)
охлаждение

Непосредственное погружение
в жидкость

Жидкостное охлаждение

Основные различия по сравнению с воздушным охлаждением:



- Высокая энергоплотность
- Нет потребности в холодильных установках (для охлаждения жидкости достаточно температуры наружного воздуха)



- Высокие капитальные затраты
- Риски протечки жидкости
- Сложности эксплуатации



Прямое однофазное жидкостное охлаждение

Съём тепла происходит посредством теплопроводности через металлическую стенку контактного теплообменника.



- Снижение энергопотребления ИТ-оборудования
- Простота обслуживания ИТ-компонентов
- Имеется опыт эксплуатации
- Лучше экология
- Один контур охлаждения



- Сложная интеграция
- Потребность в частичном воздушном охлаждении
- Риск локального перегрева при загрязнении
- Риск нарушения циркуляции при протечке
- Невозможно исключить воздушное охлаждение



Прямое двухфазное жидкостное охлаждение

Как и в контактном однофазном, съём тепла происходит посредством теплопроводности через металлическую стенку контактного теплообменника + кипение теплоносителя.

Улучшение эффективности за счет фазного перехода.

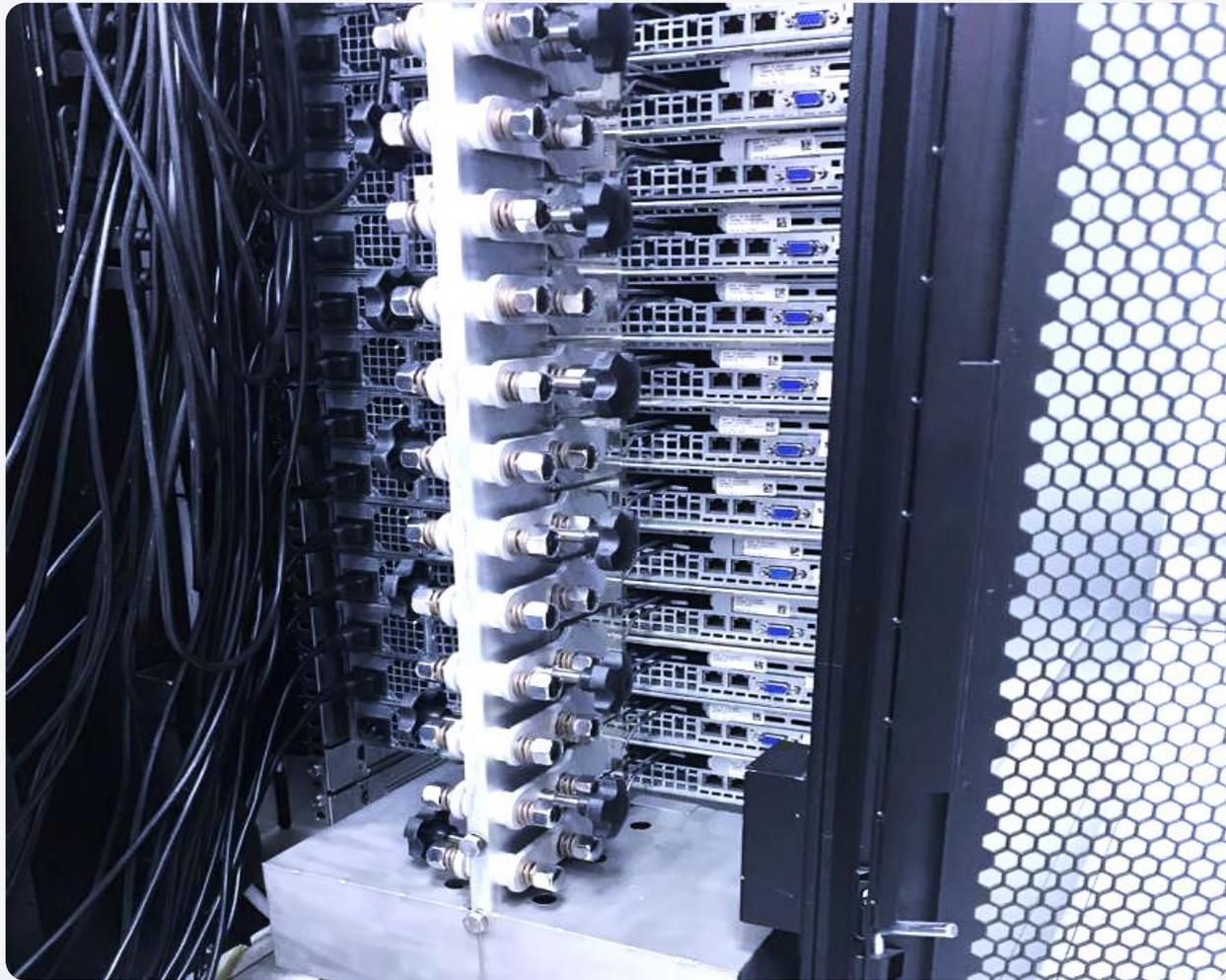


- Возможность большего отвода тепла с единицы оборудования
- Возможность большего размещения ИТ-стоек без увеличения площади машинного зала
- Снижение энергопотребления ИТ-оборудования при демонтаже вентиляторов
- Нет потребности в холодильных установках
- Нет локальных перегревов



- Сложная конструкция, два контура
- Высокие капитальные затраты
- Промежуточный теплообменник
- Невозможно исключить воздушное охлаждение

Прямое двухфазное жидкостное охлаждение



Иммерсионное однофазное

Погружение ИТ компонентов непосредственно в специальную жидкость

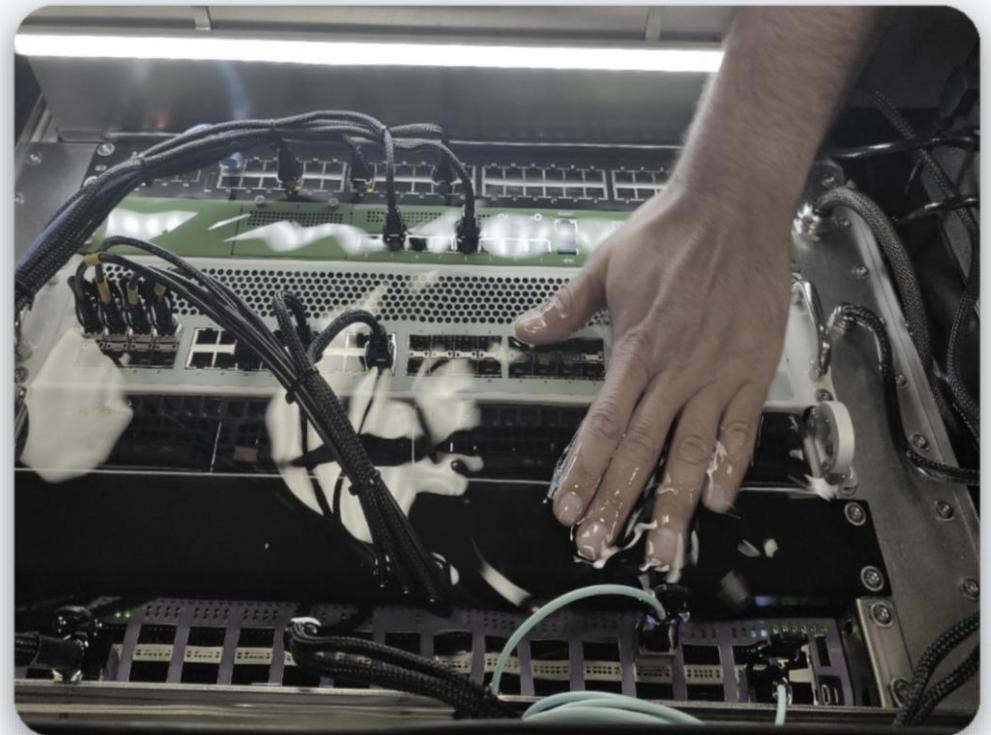


- Простота конструкции
- Одно решение на все компоненты
- Возможность отвода тепла с высоконагруженного оборудования
- Снижение энергопотребления ИТ-оборудования
- Отсутствие холодильных установок
- Большая инерционность при отказах
- Низкая стоимость (по сравнению с контактным)



- Локальные перегревы
- Оптические коннекторы
- Риск потери качества жидкости
- Вымывание термопасты
- Жесткие диски только герметичные
- Сложности эксплуатации

Иммерсионное однофазное



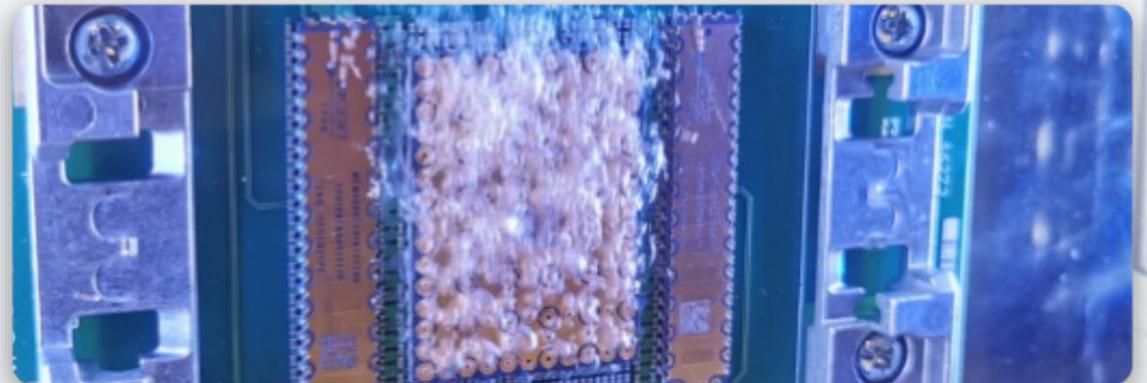
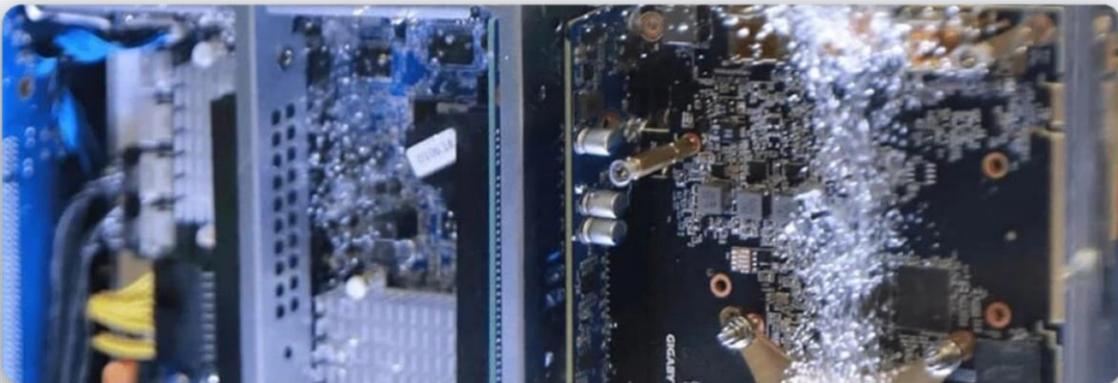
Иммерсионное двухфазное



- Высокая эффективность
- Одно решение на все компоненты
- Снижение энергопотребления ИТ-оборудования
- Отсутствие холодильных установок
- Большая инерционность при отказах
- Негорючий теплоноситель



- Высокая летучесть теплоносителя
- Сложность обслуживания
- Высокие капитальные затраты
- Оптические коннекторы
- Риск потери качества жидкости
- Вымывание термопасты
- Жесткие диски только герметичные





BOY VIDA



TASNEEM K. WILCE

US NAVY