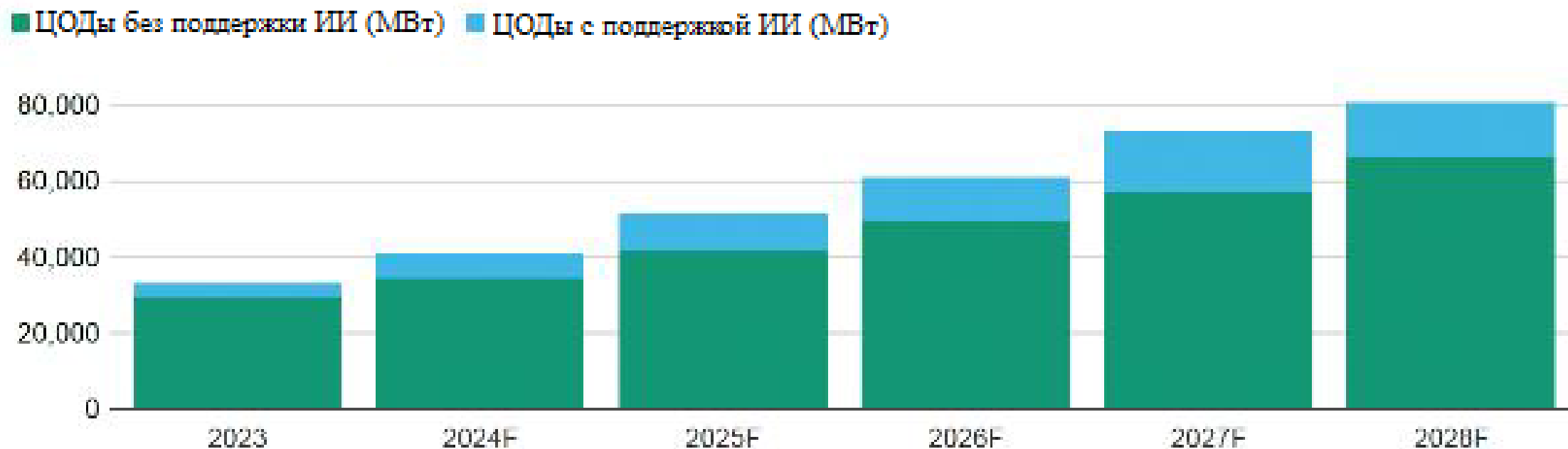


A white robotic arm is mounted on a mobile base, positioned in a server room. The room is filled with rows of server racks on both sides, illuminated by blue light. The ceiling has several square light fixtures. The overall atmosphere is futuristic and industrial.

Тенденции индустрии ЦОДов

Барсков Александр, ИКС

Быстрый рост



Источник: IDC, Moody, UI

Индустрия ЦОДов:

- Объявлены 50+ проектов мощностью 100+ МВт
- К 2027 г. энергопотребление вырастет до 800-1000 ТВт·ч
- Гиперскейлеры ежеквартально тратят на инфраструктуру по \$50 млрд
- Высокий спрос на электроэнергию, землю, кадры, коннективность и ИТ (GPU)

Сколько потребляют ЦОДы



Сейчас ЦОДы используют 1-2% генерируемого электричества, к 2030 году этот показатель может вырасти до 10%

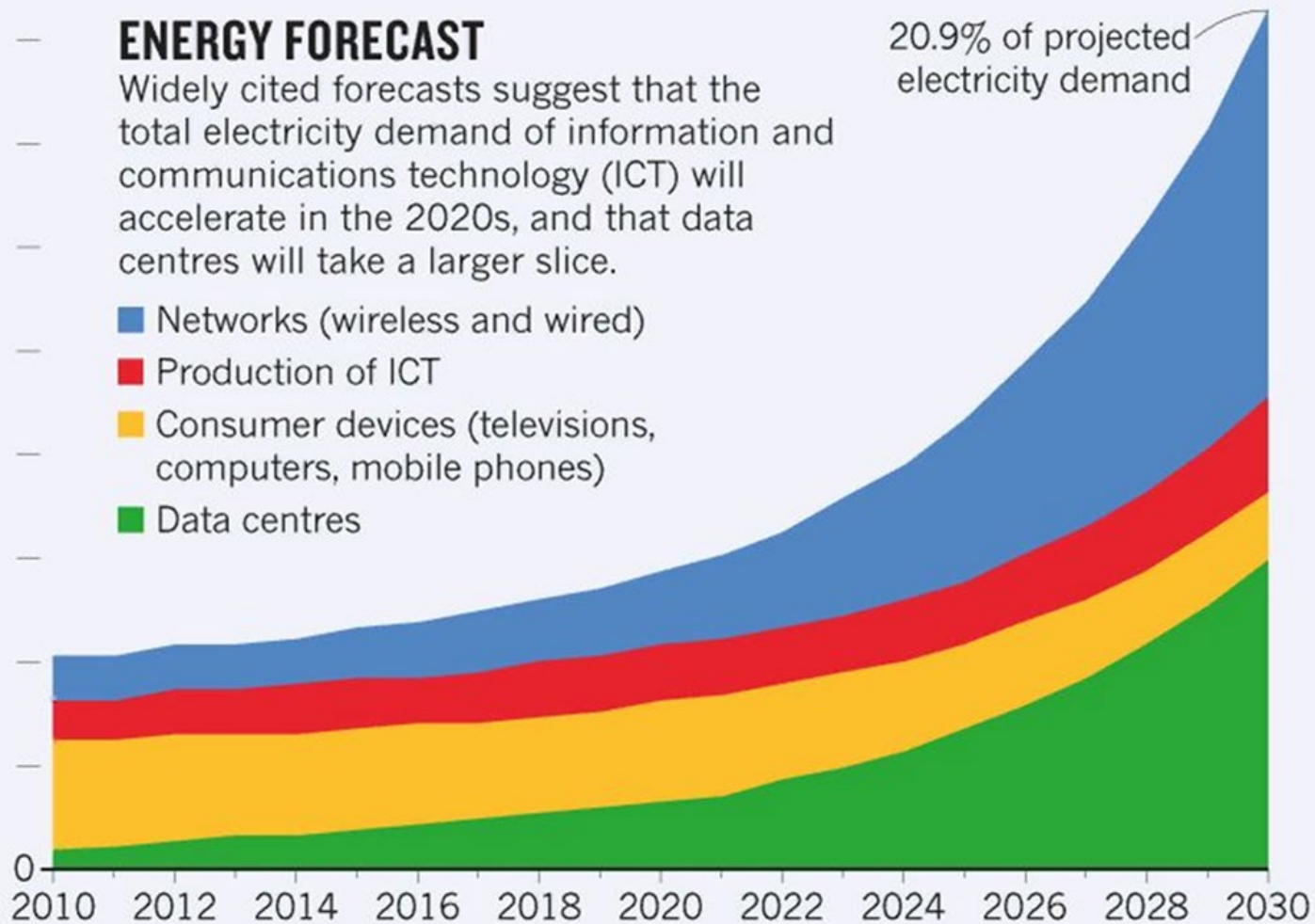
9,000 terawatt hours (TWh)

ENERGY FORECAST

Widely cited forecasts suggest that the total electricity demand of information and communications technology (ICT) will accelerate in the 2020s, and that data centres will take a larger slice.

20.9% of projected electricity demand

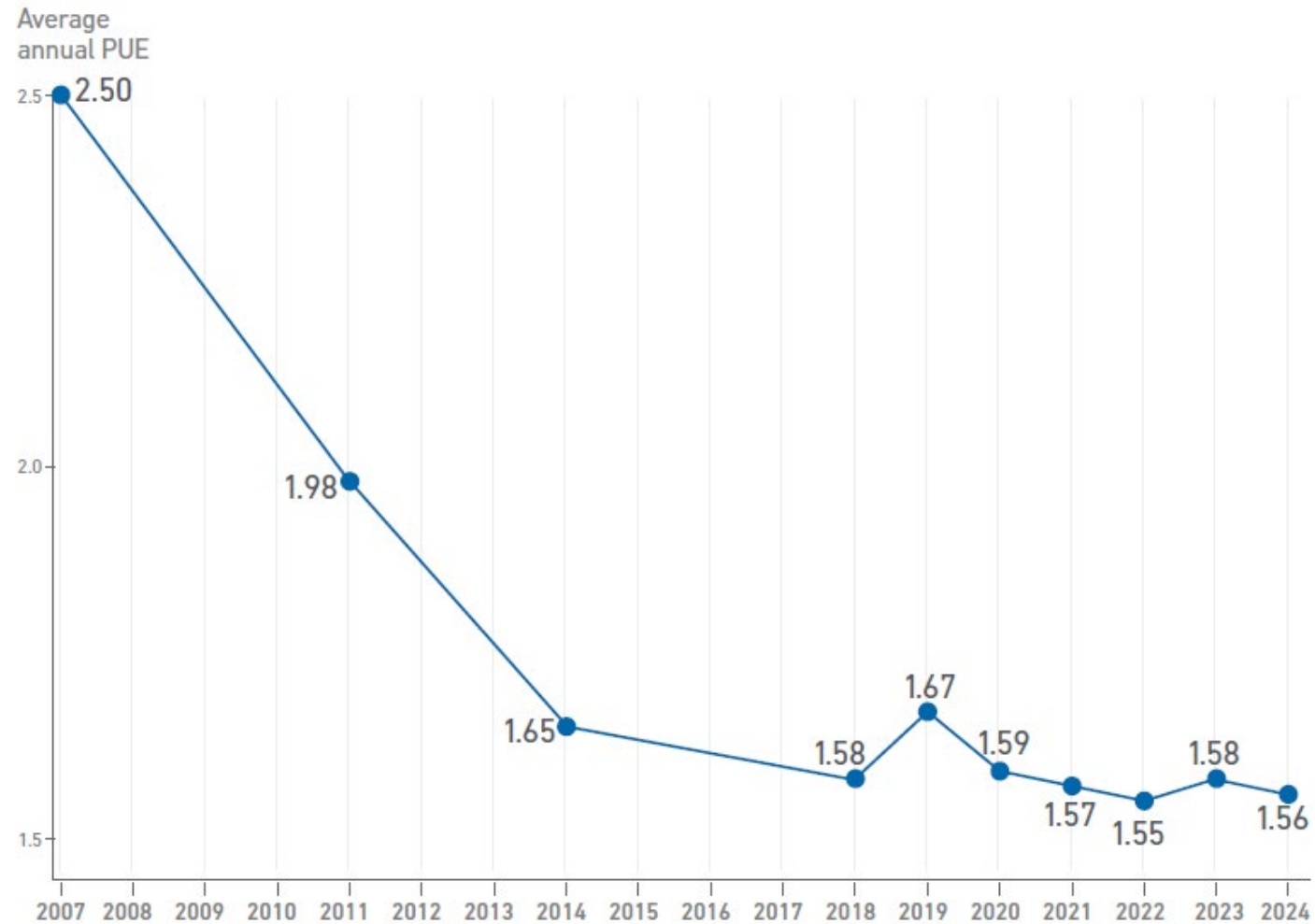
- Networks (wireless and wired)
- Production of ICT
- Consumer devices (televisions, computers, mobile phones)
- Data centres



Высокое энергопотребление стало проблемой

	Ограничение	Следствие
Сингапур	Трехлетний мораторий на строительство новых ЦОД с 2019 г.	Новые объекты должны обеспечивать значение PUE не более 1,3
Дублин (Ирландия)	Фактический запрет на строительство новых ЦОД из-за отказа в подключении к электросети EirGrid (с января 2022 г.)	Ужесточение процесса подачи заявок и более строгие требования к ЭиЭ
Нидерланды	Годовой мораторий на новое строительство в муниципалитетах Амстердама и Харлеммермера с 2019 г.	Введены более строгие правила в части ЭиЭ, устанавливающие PUE не выше 1,2.
Гротон (шт. Коннектикут, США)	Годовой мораторий на строительство новых ЦОД (>465 кв. м) с июня 2022 год.	После отмены ожидается ужесточение экологических норм и правил по шуму для новых объектов.
Франкфурт (Германия)	Ограничения на строительство ЦОД в определенных зонах с июня 2022 г.	Ожидаются новые требования к повторному использованию тепла, многоэтажному строительству и соблюдению строгих стандартов эффективности

Как повысить энергоэффективность, когда PUE вышел на плато





Фрикулинг

Фрикулинг, или ЦОД без компрессоров

Основные драйверы:

- Экономия (снижение OPEX)
- Повышение допустимой температуры эксплуатации ИТ-оборудования



Основные барьеры:

- Повышение энергетической плотности
- Температурные катаклизмы



Эволюция рекомендаций ASHRAE

2004 В первой редакции рекомендаций Thermal Guidelines for Data Processing Environments (2004 г.) установлен температурный предел **в +25°C**;

2008 Во второй (2008 г.) – он повышен до **+27°C**;

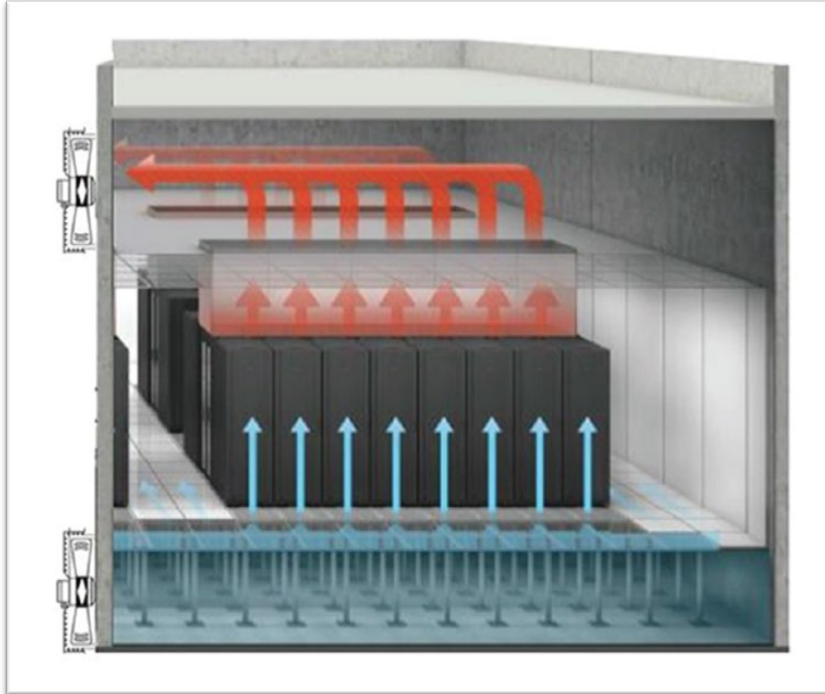
2011 В рекомендациях 2011 г. появились два новых класса ИТ-оборудования — А3 и А4, для них допустимый температурный диапазон расширен **до +40°C и +45°C**

Класс ИТ-оборудования	Температура, °C	Влажность, %
A1	15–32	8–80
A2	10–35	8–80
A3	5–40	8–80
A4	5–45	8–80

2021 В пятом издании Рекомендаций ASHRAE добавлен новый класс ИТ-оборудования -- Н1 – системы с тесно интегрированными высокопроизводительными компонентами (CPU, GPU и пр.).

Для их эффективного охлаждения ASHRAE рекомендует эксплуатировать их в температурном диапазоне **18--22°C**. Макс. допустимая температура для класса Н1 -- **25°C**

Прямой фрикулинг с помощью внешнего воздуха



Плюсы

- Высокая энергоэффективность
- Простое решение
- Минимум компонентов – высокая надежность

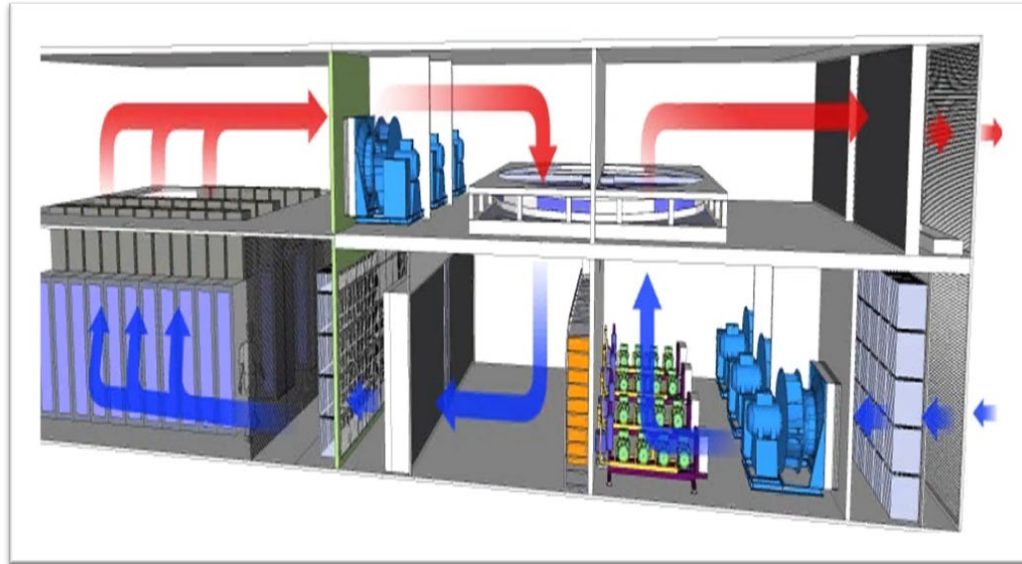
Минусы

- Высокая стоимость фильтров и их обслуживания
- Чем более эффективные фильтры установлены, тем более мощные нужны вентиляторы. Это увеличивает стоимость и повышает энергопотребление
- Доп. меры по увлажнению или осушению уличного воздуха



Без доп. средств охлаждения можно использовать только если ИТ-оборудование допускает работу при температурах, которые выше макс. температуры внешнего воздуха

Непрямой фрикулинг с помощью внешнего воздуха



Плюсы

- Высокая энергоэффективность
- Небольшое число компонентов – высокая надежность

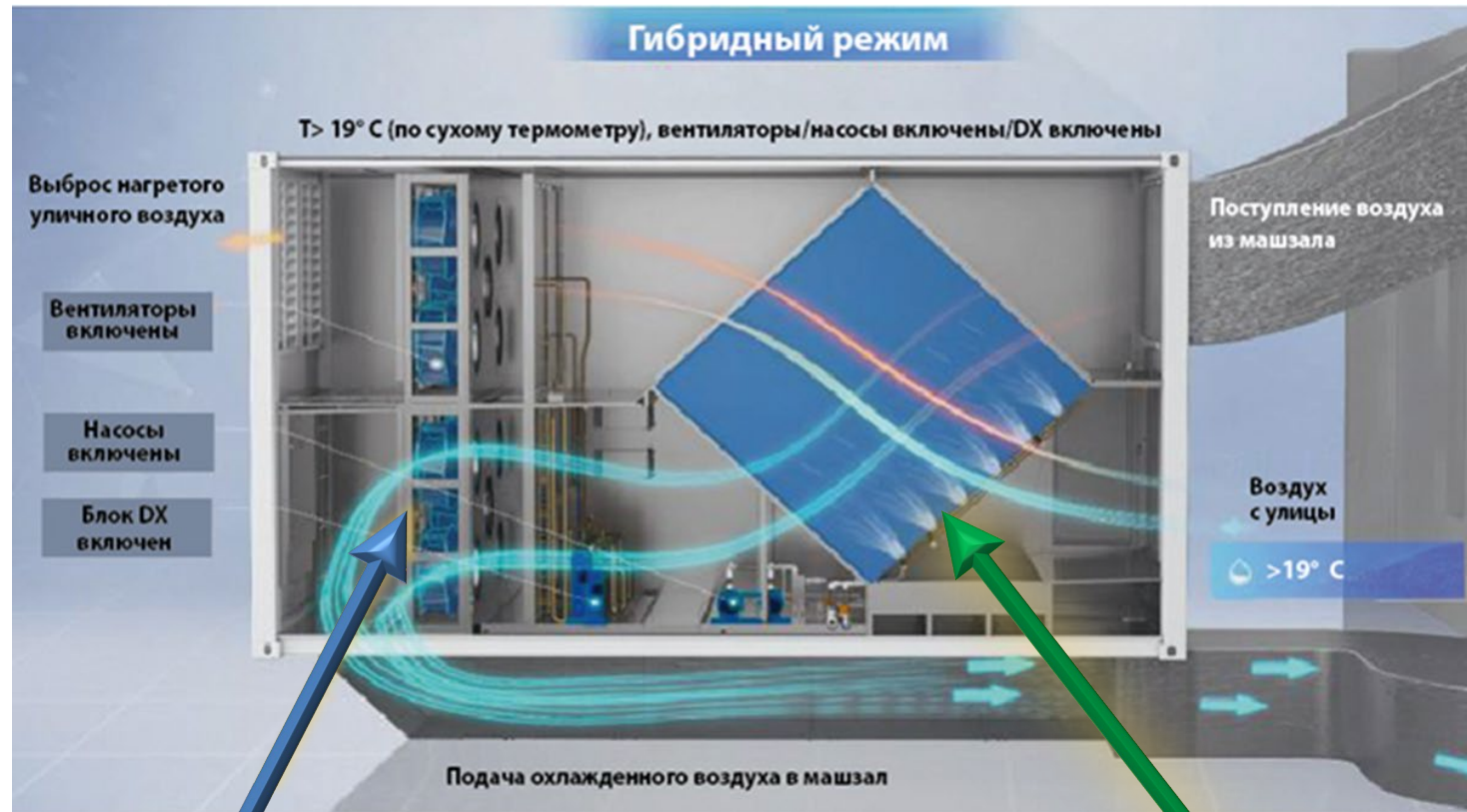
Минусы

- Доп. потери на теплообменнике
- Много места для размещения масштабного теплообменника



Без доп. средств охлаждения может использоваться только если ИТ-оборудование допускает работу при температурах, которые выше макс. температуры внешнего воздуха + температурные потери на теплообменнике

Непрямое испарительное охлаждение



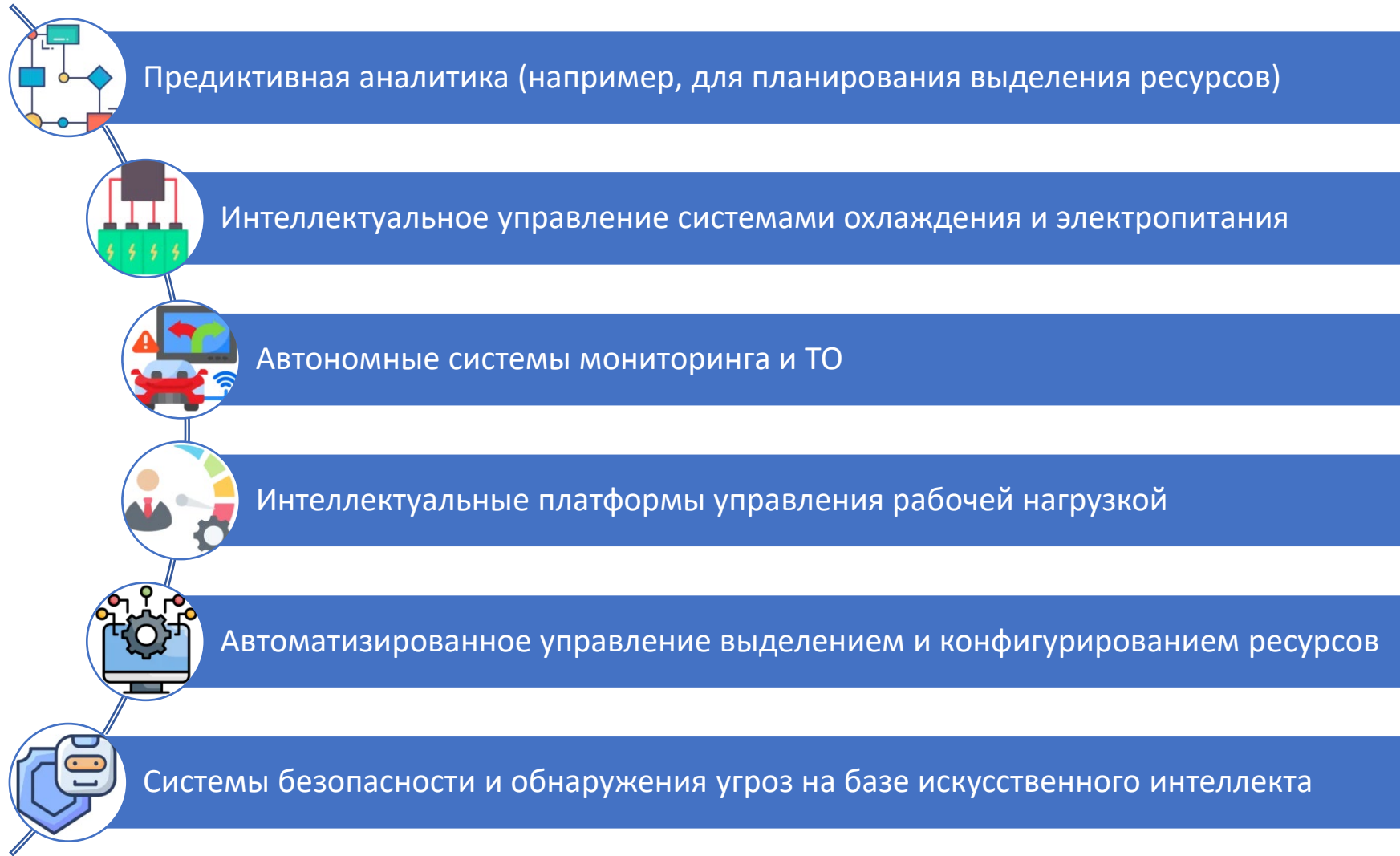
Для жарких и влажных периодов
-- блок механического (DX)
доохлаждения

Для жарких периодов –
блок адиабатического
доохлаждения

The image features a dark, blue-toned digital environment. In the foreground, several glowing, translucent blue ribbons or data streams flow across the frame, some containing binary code (0s and 1s). The background is filled with complex, glowing wireframe structures that resemble architectural models or data grids. A semi-transparent blue horizontal bar is positioned in the center, containing the text 'ЦОДы и AI' in white. The overall aesthetic is high-tech and futuristic.

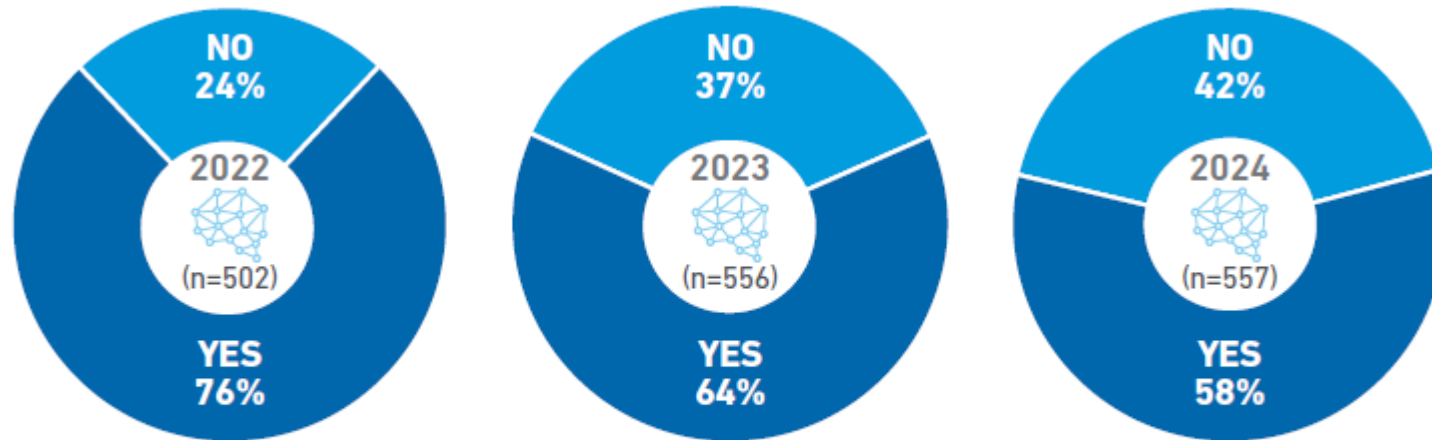
ЦОДы и AI

AI для ЦОДах



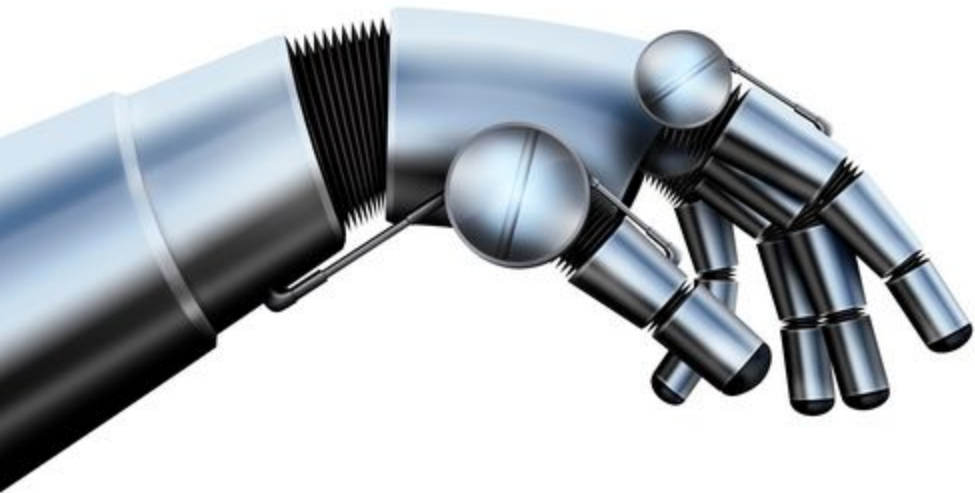
AI в ЦОДах. Уровень доверия

Доверили бы вы ИИ принятие оперативных решений в ЦОД, предполагая, что ИИ был надлежащим образом обучен работе на исторических данных?



AI в ЦОДах

Позволить ИИ самому управлять ЦОДом – «НЕТ»!



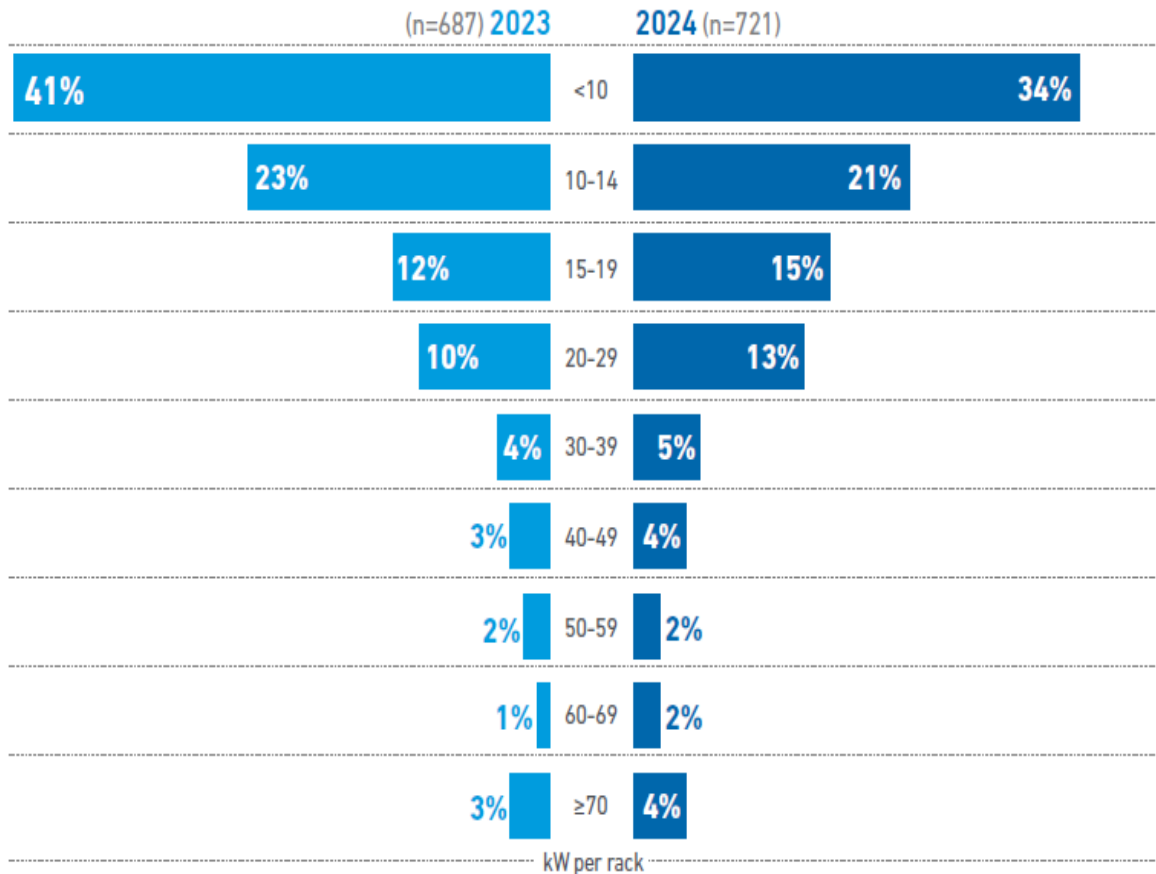
Задействовать ИИ в помощь службе эксплуатации – однозначное «ДА»!

The background is a dark, blue-toned digital environment. It features several glowing, translucent blue structures that resemble data streams or server racks, some with a grid-like pattern. The overall aesthetic is futuristic and high-tech, with a strong emphasis on light and shadow. A semi-transparent blue banner is positioned across the middle of the image, containing the text.

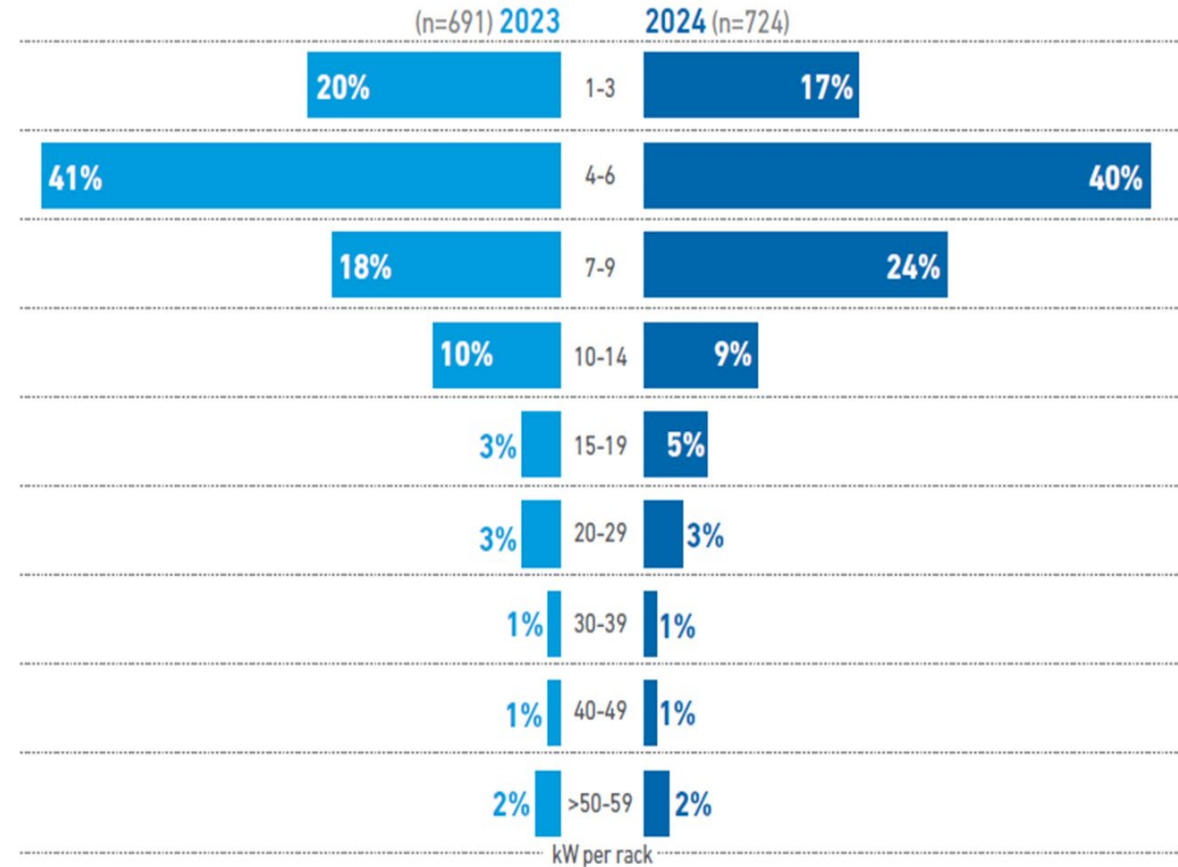
ЦОДы для AI

Мощность стоек в ЦОД

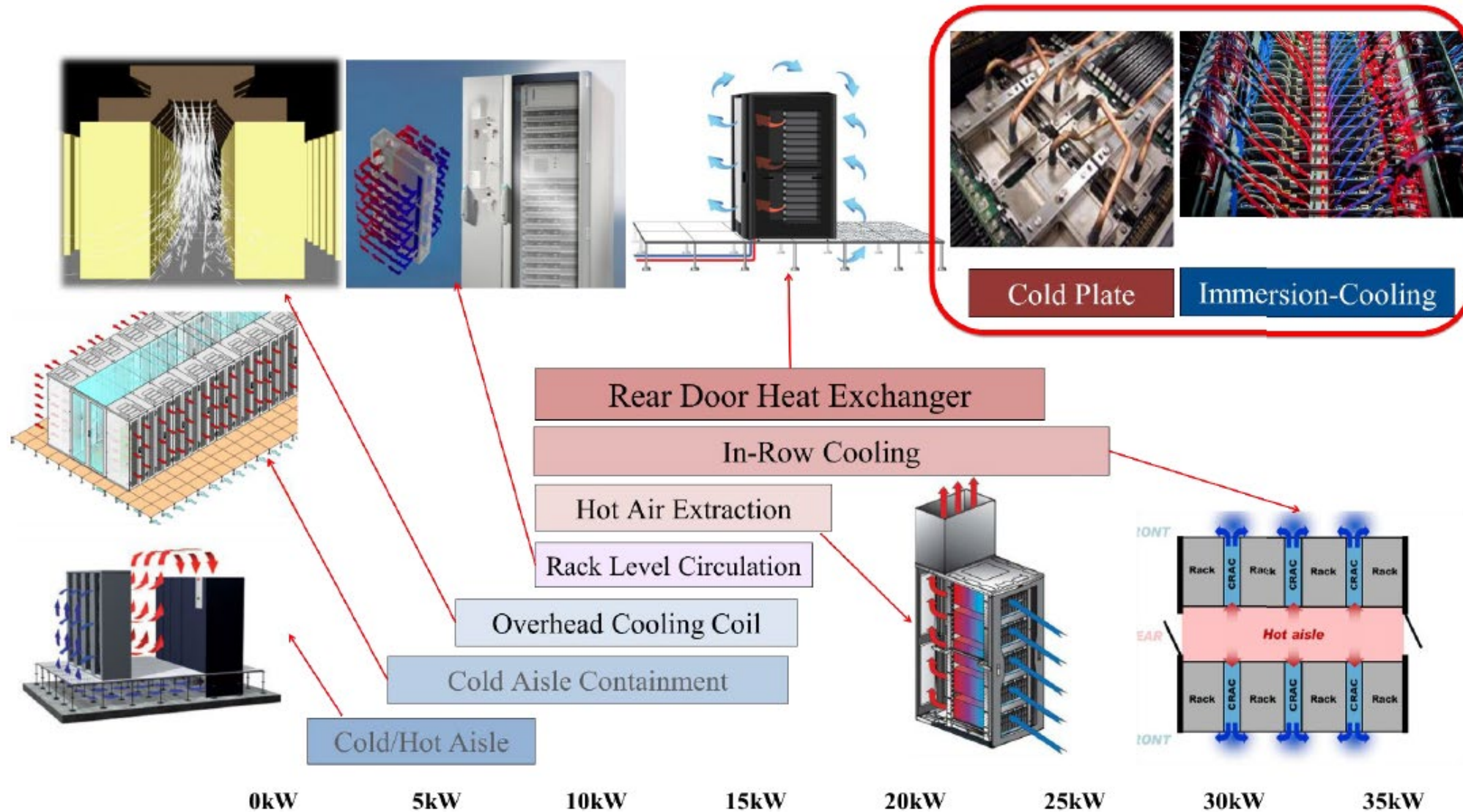
Максимальная



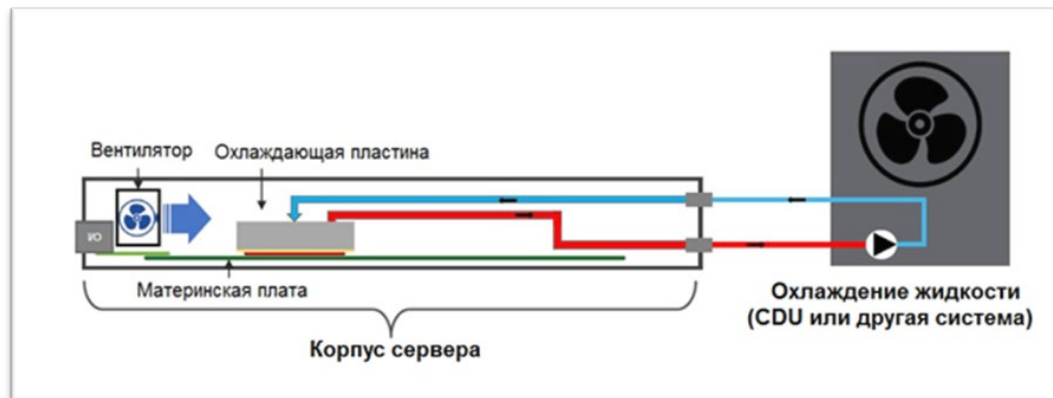
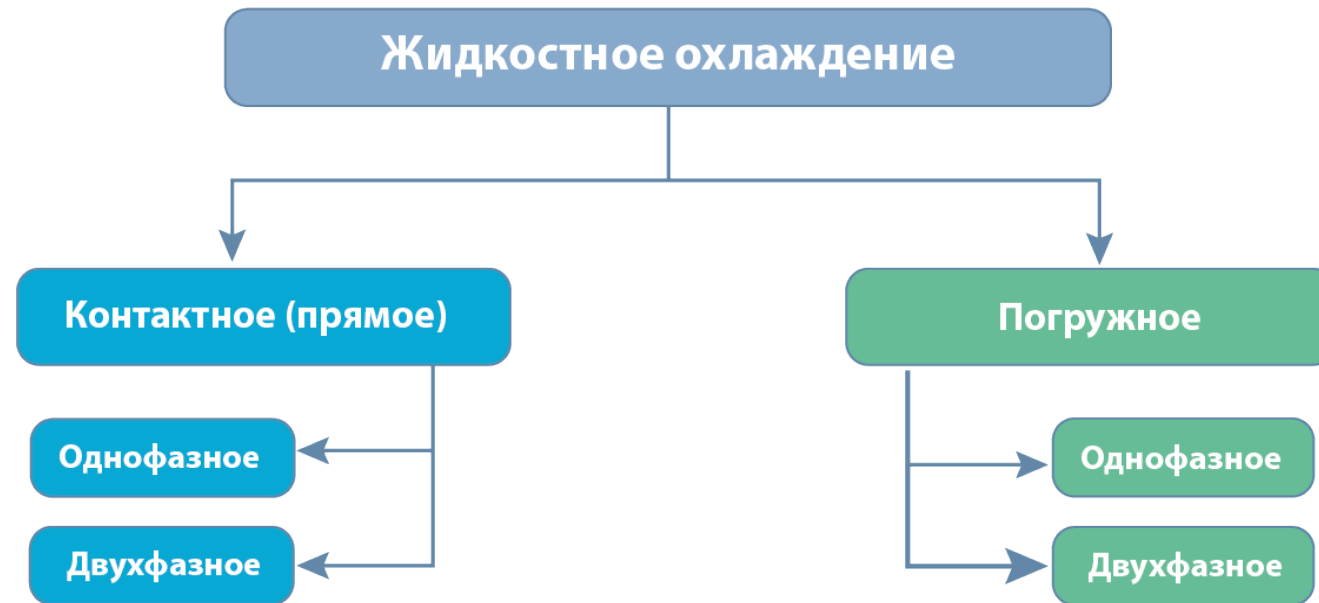
Средняя



Высоконагруженные стойки



Прямое жидкостное охлаждение (DLC)



Прямое жидкостное охлаждение

Плюсы	Минусы
<ul style="list-style-type: none">• Повышение энергоплотности ИТ-оборудования• Повышение производительности ИТ-оборудования• Повышение энергоэффективности	<ul style="list-style-type: none">• Высокая стоимость• Недостаточная надежность (сложности резервирования)• Сложность процедуры эксплуатации ИТ-оборудования



Наиболее перспективен контактный вариант DLC, но он должен применяться только параллельно с воздушным охлаждением

The image is a digital architectural visualization of a futuristic city. The scene is dominated by a vibrant blue color palette. In the foreground, a wide, multi-lane road with glowing white lane markings stretches towards the viewer. The buildings are constructed from a grid of glowing white lines, creating a wireframe effect. Some buildings have solid blue surfaces, while others are entirely transparent wireframes. The perspective is from a low angle, looking up at the towering structures, which creates a sense of scale and grandeur. The overall atmosphere is clean, modern, and high-tech.

Борьба за экологию

ЦОД без дизель-генераторов

Основные драйверы:

- Зеленая повестка (ESG)
- Экономия (снижение CAPEX)
- Сокращение необходимой времени автономии
- Возможность оперативной миграции ИТ-нагрузки

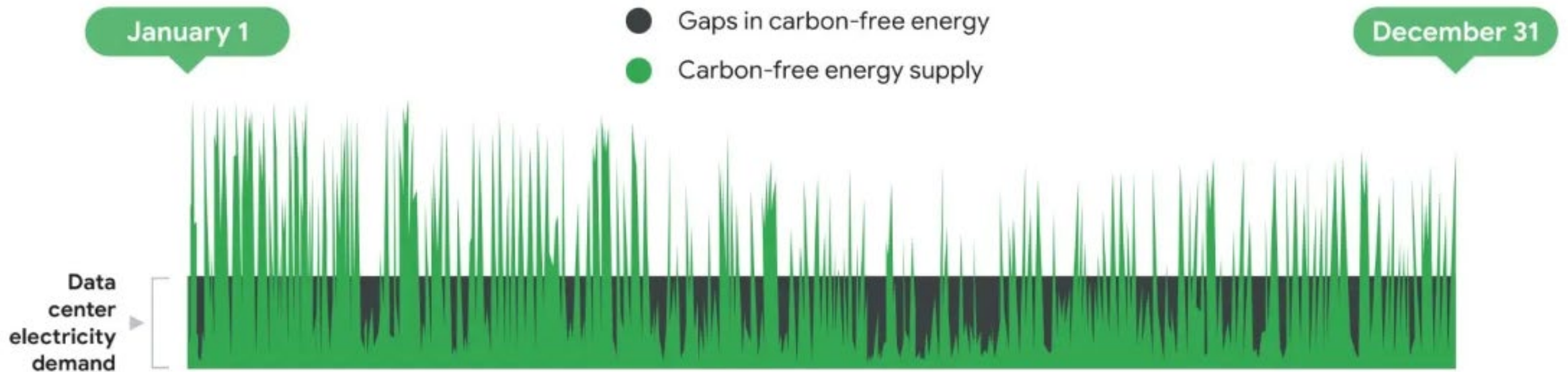
Основные барьеры:

- Отсутствие экономически оправданной альтернативы в качестве автономного источника электроэнергии на площадке ЦОД



Альтернативная энергетика: солнечные батареи и ветрогенераторы (1)

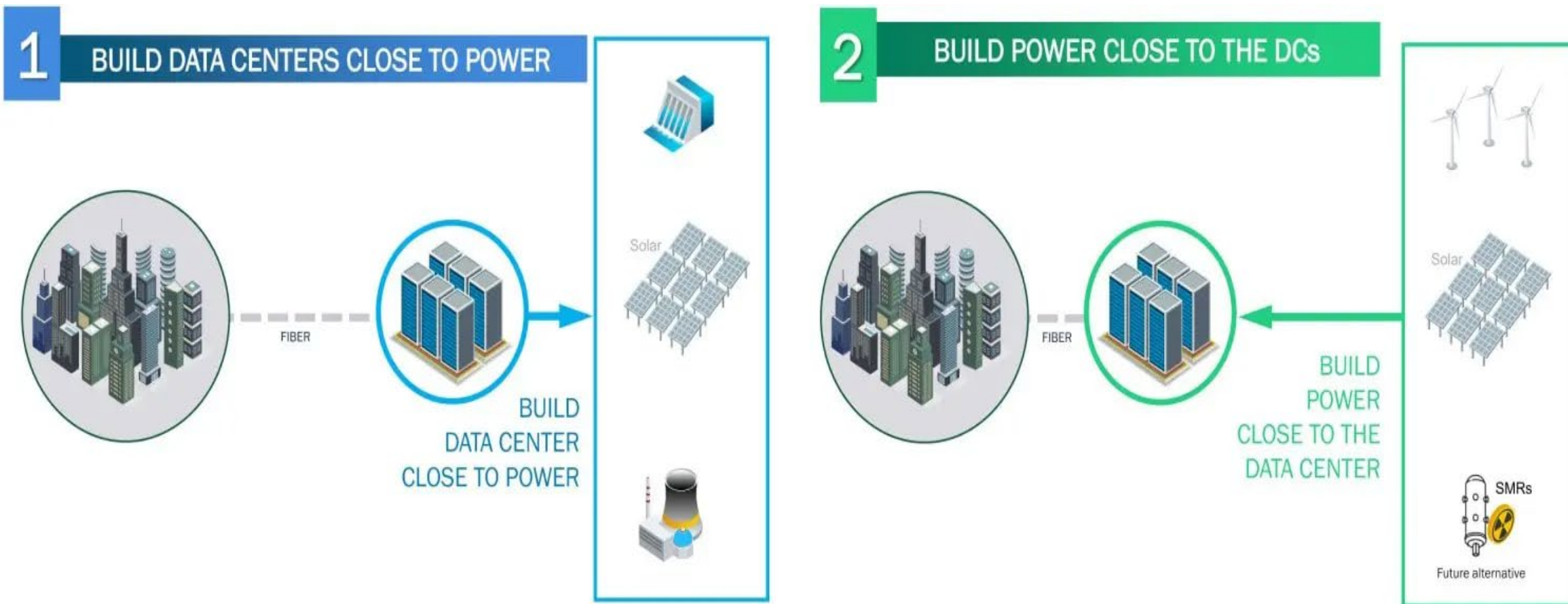
Выдаваемая мощность непостоянна и зависит от погодных условий и времени суток, а ЦОДам требуется постоянное и надежное электроснабжение



Source: Google.

Альтернативная энергетика: солнечные батареи и ветрогенераторы (2)

Возможность и эффективность работы зависит от места размещения – в одном месте много солнечных дней, в другом – сильные ветра....



Альтернативная энергетика: солнечные батареи и ветрогенераторы (3)

Производство достаточного объема электроэнергии требует значительной площади. Для получения 1 МВт:

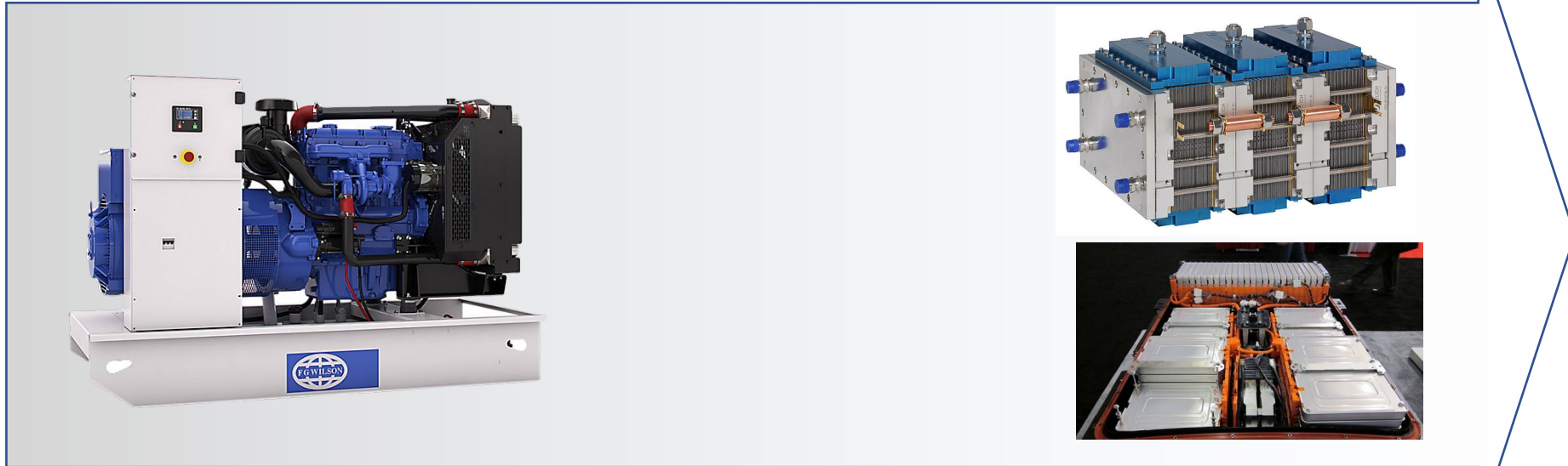
- Солнечные панели – примерно 10 тыс. кв. м
- Ветряные турбины – примерно 3,5 тыс. кв. м
- Дизель-генератор – примерно 20 кв. м





А если вместо ДГУ – накопители?

ДГУ vs АКБ



- Стоимость ЛИ АКБ (LFP) на 4 ч сопоставима со стоимостью ДГУ (1 МВт)
- НИ АКБ (Na-ion) примерно в 5 раз дешевле ЛИ АКБ -- 20 ч автономии при тех же расходах

АКБ vs Маховики vs Суперконденсаторы

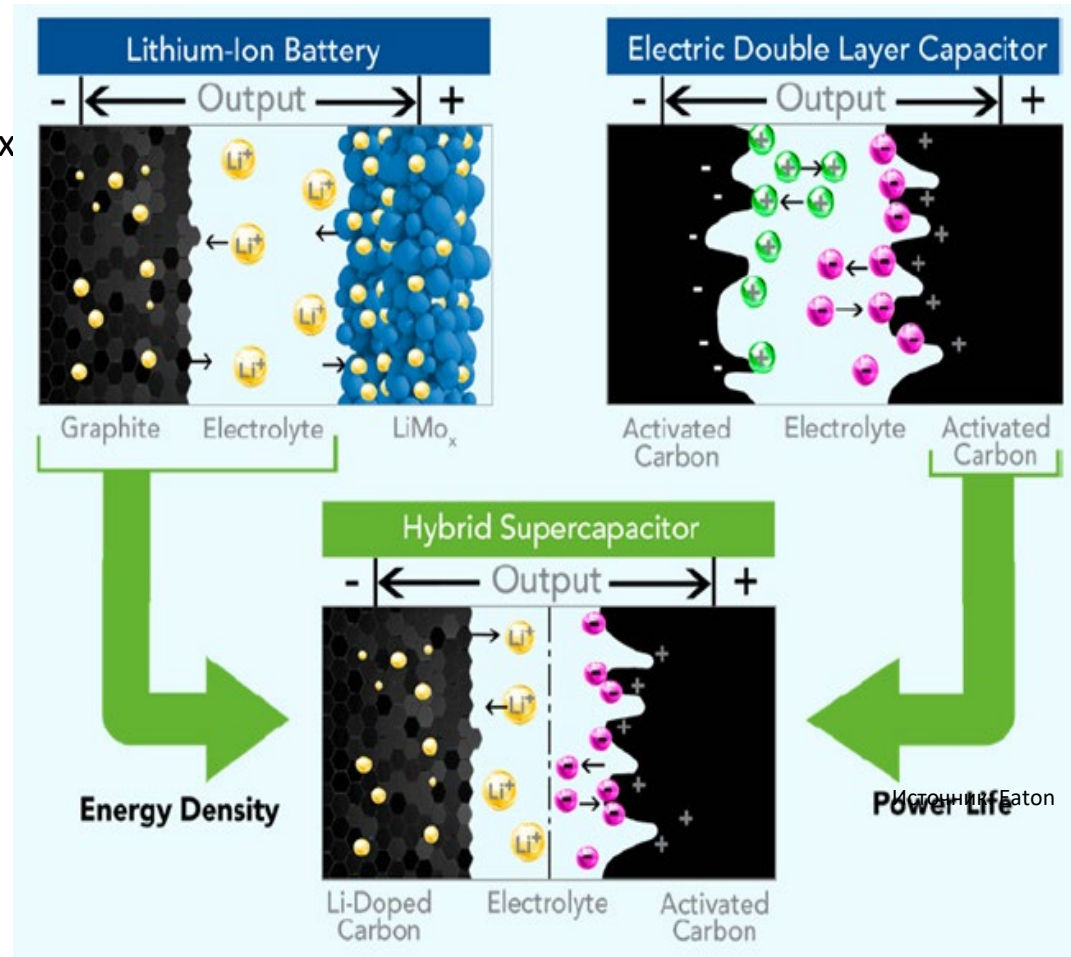
Характеристика	Суперконденсатор (20 блоков)	ЛИ АКБ	Маховик
Диапазон напряжения, В (DC)	570 to 360	538 to 410	520 to 400
Температурный диапазон, град. С	-40 to +65	+18 to +28	-10 to +40
Макс. мощность, кВт	300	150	300
Запасенная энергия, кВт·ч	1.39	32.6	1.67
Срок службы, лет*	20	15	20
Размер (ШхДхВ), см	62 x 85 x 213	65 x 60 x 229	76 x 76 x 187
Вес, кг	550	550	760

*эксплуатация при температуре +28°C

Источник: Eaton

Гибридные суперконденсаторы

Работа АКБ основана на электрохимических принципах: они хранят энергию в виде химических связей в электрически нейтральных молекулах.



Суперконденсаторы используют взаимодействие сил между электрически заряженными частицами, а энергия хранится в виде электрического заряда

Гибридные суперконденсаторы (HSC) -- источники энергии, которые объединяют химию батареи с физикой суперконденсатора в единую структуру.

Гибридные суперконденсаторы

Преимущества HSC для операторов ЦОДов.

1. Снижение TCO: могут работать в течение 15 лет, примерно в 2,5 раза дольше, чем СК АКБ
2. Высокая плотность мощности HSC (можно быстро подзарядить) важна для обеспечения бесперебойности подачи электричества в случае нескольких последовательных отключений электроэнергии.
3. Поскольку в катоде HSC используется активированный уголь, а не оксид металла, исключается риск перегрева, а значит и возгорания.
4. HSC способны выдерживать гораздо более высокие температуры (до 65-70°C), чем традиционные АКБ, -- их не нужно охлаждать.



Тестирования HSC-накопителей компанией Digital Edge

Основные инновации для повышения эффективности ЦОДа



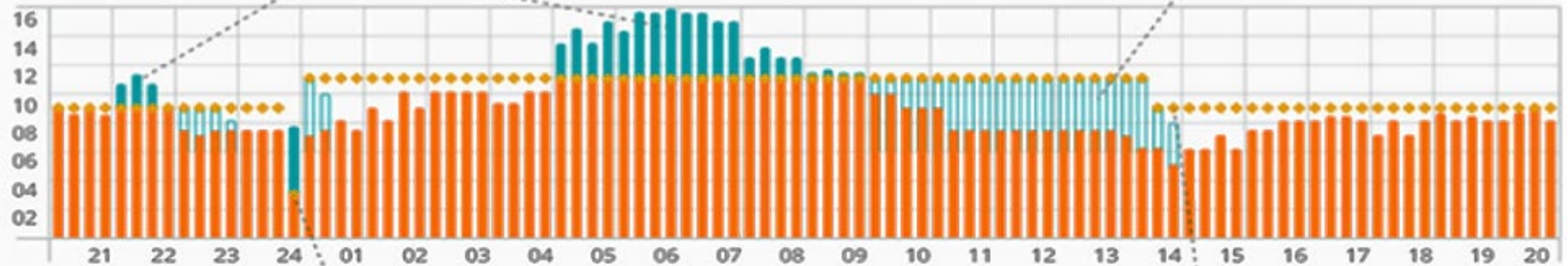
Источник: Uptime Institute Global Survey of IT and Data Center Managers, 2022

Software Defined Power

16 kW Rack Running with 8~10 kW of Utility Power

Batteries shave peaks by supplying power for peak load events

Batteries automatically recapture power during low utilization events



Uninterrupted power during power equipment maintenance

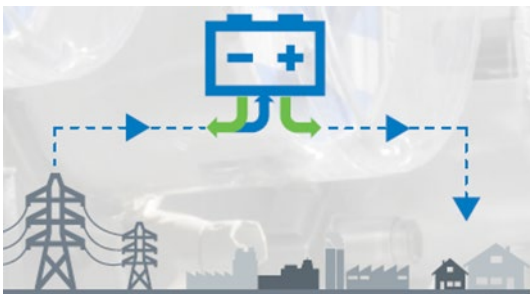
Power limit adjusts based on price, schedule, or availability

X HOUR OF DAY Y LOAD IN kWh ● TOTAL CACHE ASSIST ● RACK SHIFT BUDGET ○ TOTAL CACHE ASSIST ● TOTAL UTILITY LOAD

ЦОДы и энергетики



Прошлое: электроэнергия – классический **товар**, использовалась потребителем сразу при поступлении



Настоящее: возможность хранения электроэнергии, использование накопленной энергии превращают ее в **актив**



Будущее: ЦОДы делятся энергией, быстро отвечая на инциденты в распределительной сети, ЦОДы и энергетики становятся **партнерами**



Q&A