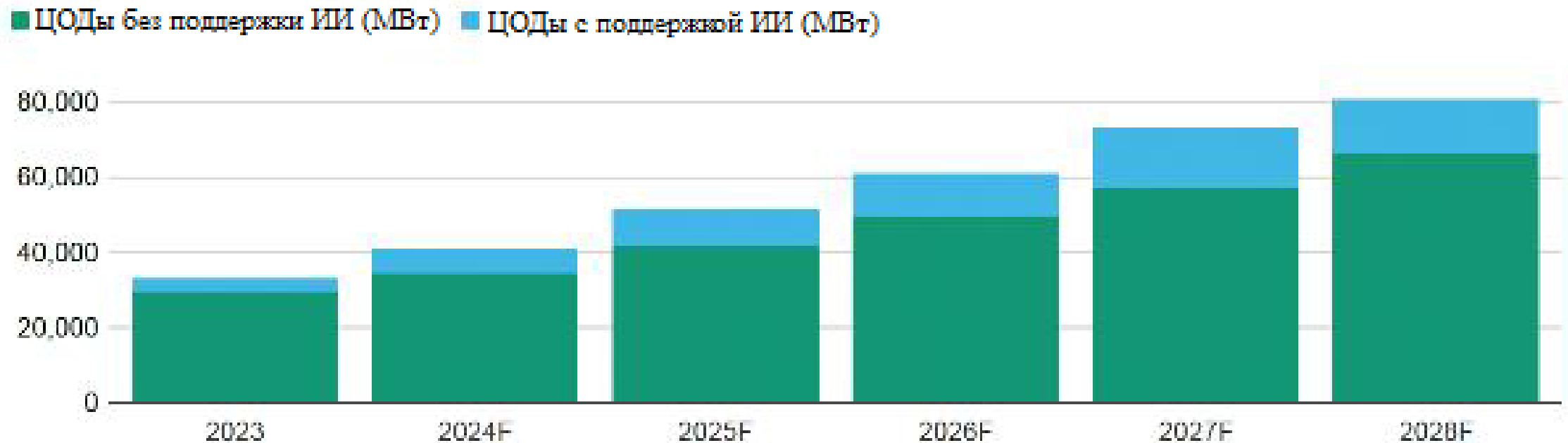


A white industrial robotic arm is positioned in the center of a server room aisle. The arm is mounted on a mobile base and is extended towards the left. The server racks on both sides are illuminated with blue light, and the ceiling has several square light fixtures. The overall scene is futuristic and high-tech.

Тенденции индустрии ЦОДов

Барсков Александр, ИКС

Быстрый рост



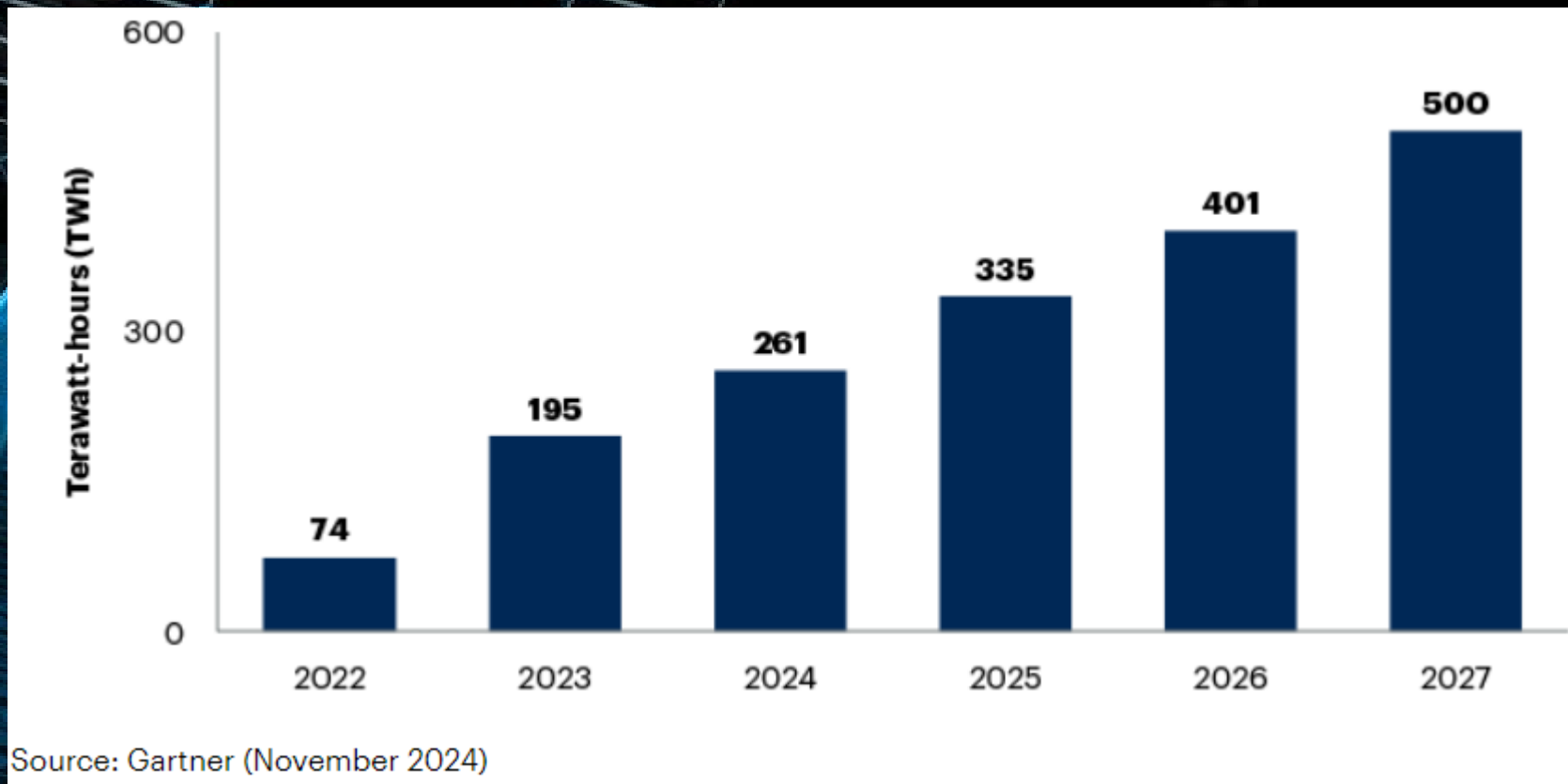
Источник: IDC, Moody, UI

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)

Быстрый рост

Энерго-
потребление
ЦОДов для ИИ



Мировое энергопотребление (2022 г.): 24 398 ТВт*ч
(International Energy Agency, IEA, МЭА)

Сколько потребляют ЦОДы



Сейчас ЦОДы используют
~2% все потребляемой
электроэнергии,
к 2030 году этот показатель
может вырасти до 10%

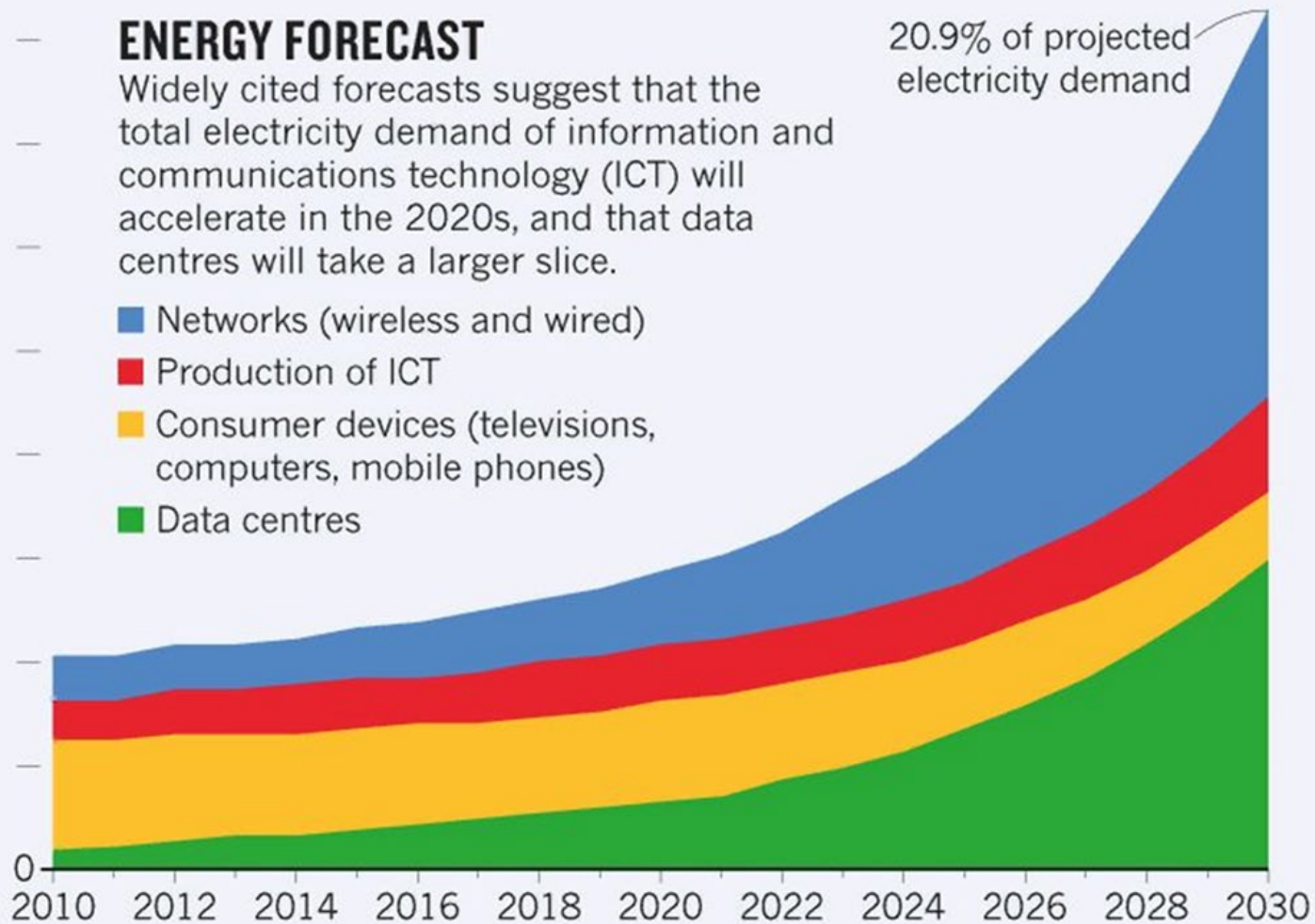
9,000 terawatt hours (TWh)

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



**DATA CENTRES ARE
ENERGY VAMPIRES**

am
ENERGY VAMP
**NO
MORE
DATA
CENTERS**

DATA CENTRES
G
ENERGY VAMPIRES

Высокое энергопотребление стало проблемой

	Ограничение	Следствие
Сингапур	Трехлетний мораторий на строительство новых ЦОД с 2019 г.	Новые объекты должны обеспечивать PUE не более 1,3
Дублин (Ирландия)	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.	Новые требования к повторному использованию тепла, многоэтажному строительству и соблюдению строгих стандартов ЭиЭ

А что в России

1. Ограничения для ЦОДов не вводятся, и о таких планах неизвестно
2. Планируется с 1 декабря 2024 г. по 15 марта 2025 г. запретить майнинг на части территории Иркутской области, Бурятии и Забайкалья. Далее запрет в этих регионах будет действовать ежегодно (вплоть до 2031 года) в период пиковых нагрузок.

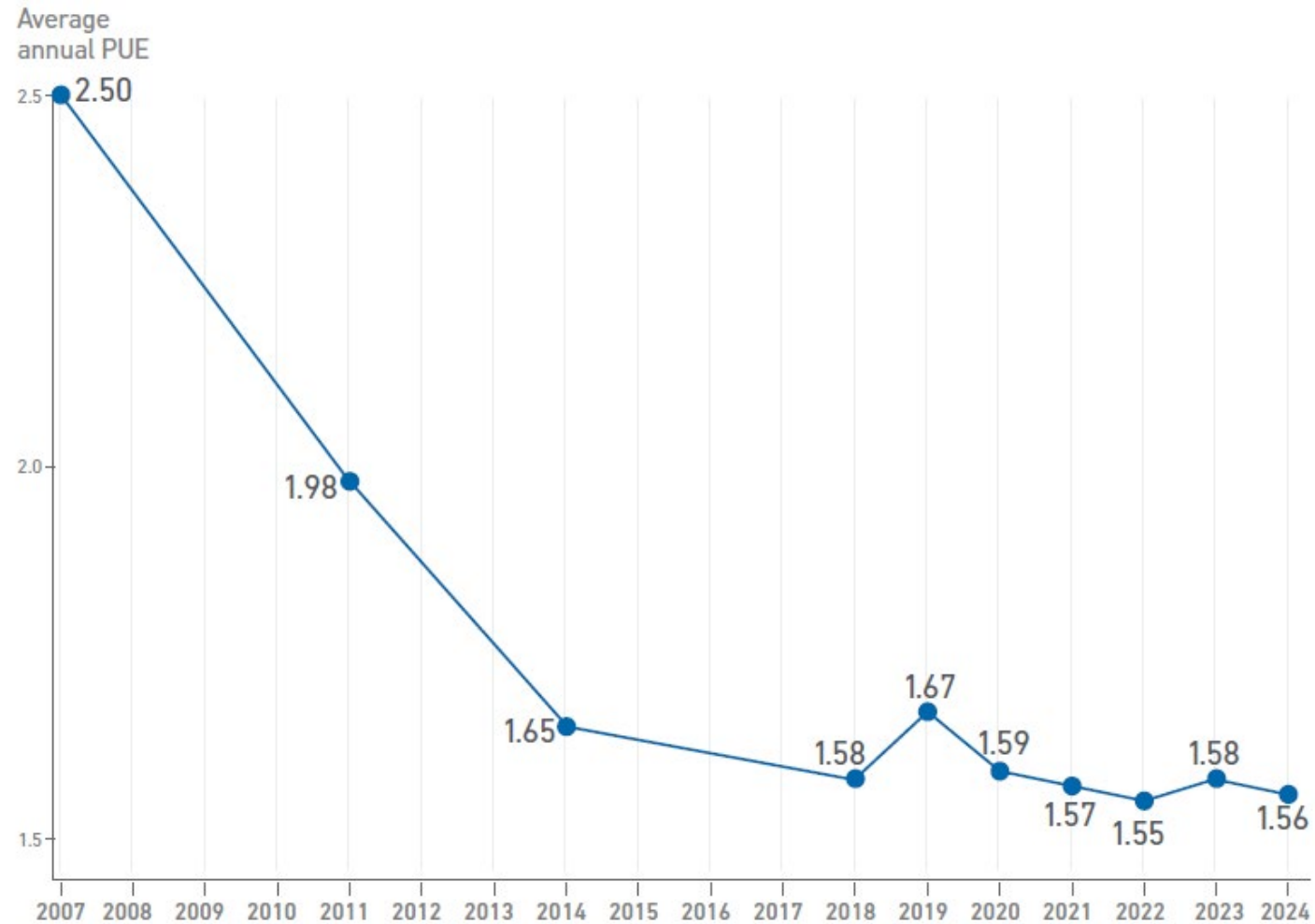
«...плохо, когда майнинг съедает все свободные мощности и не позволяет подключать новых потребителей...» -- вице-премьер Александр Новак.



ЦОД ≠ майниговая ферма
Майниговая ферма ≠ ЦОД

Отличия
принципиальные

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**;

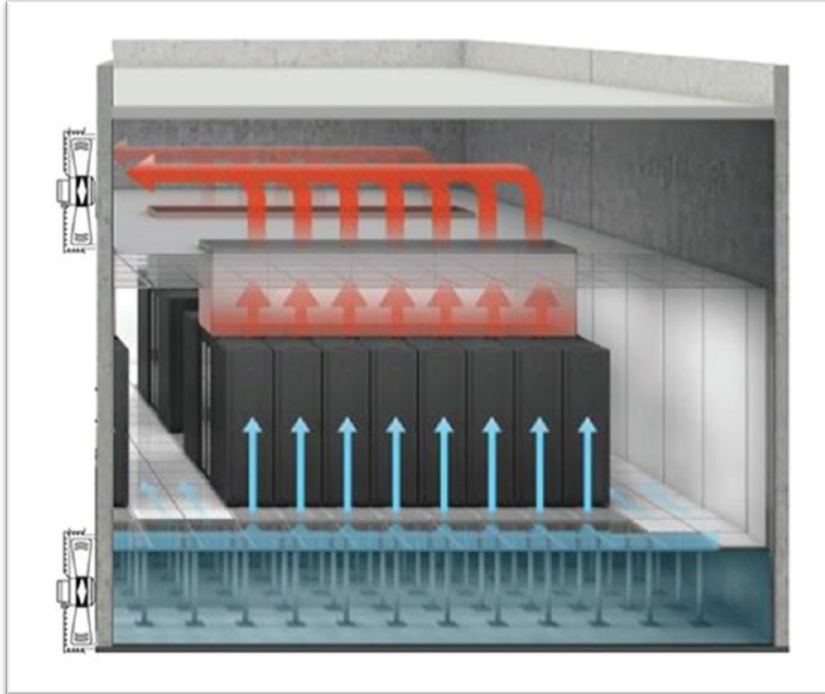
2011 В рекомендациях 2011 г. появились два новых класса ИТ-оборудования — А3 и А4, для них допустимый температурный диапазон расширен **до +40°C и +45°C**

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

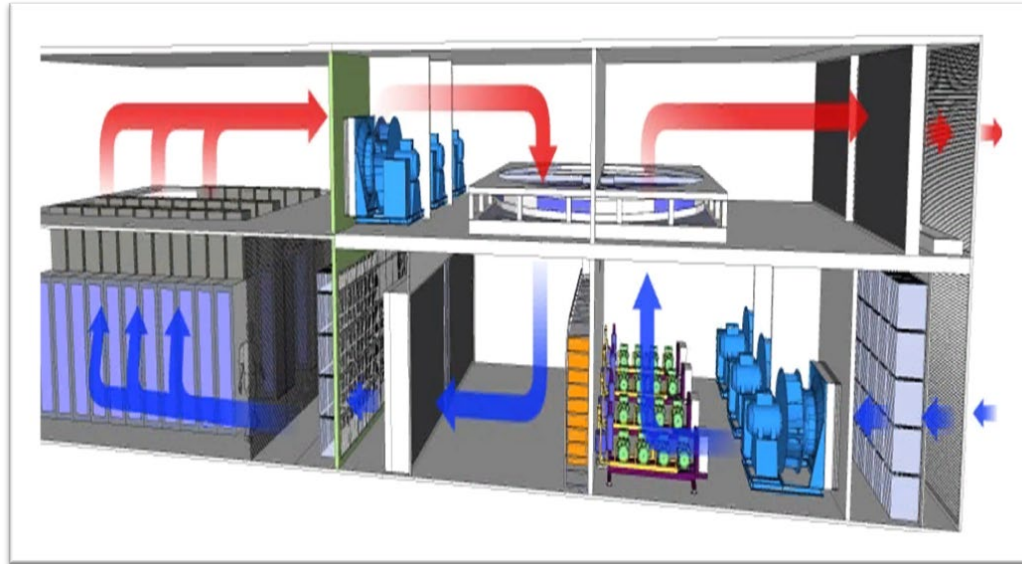
Минусы

- 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

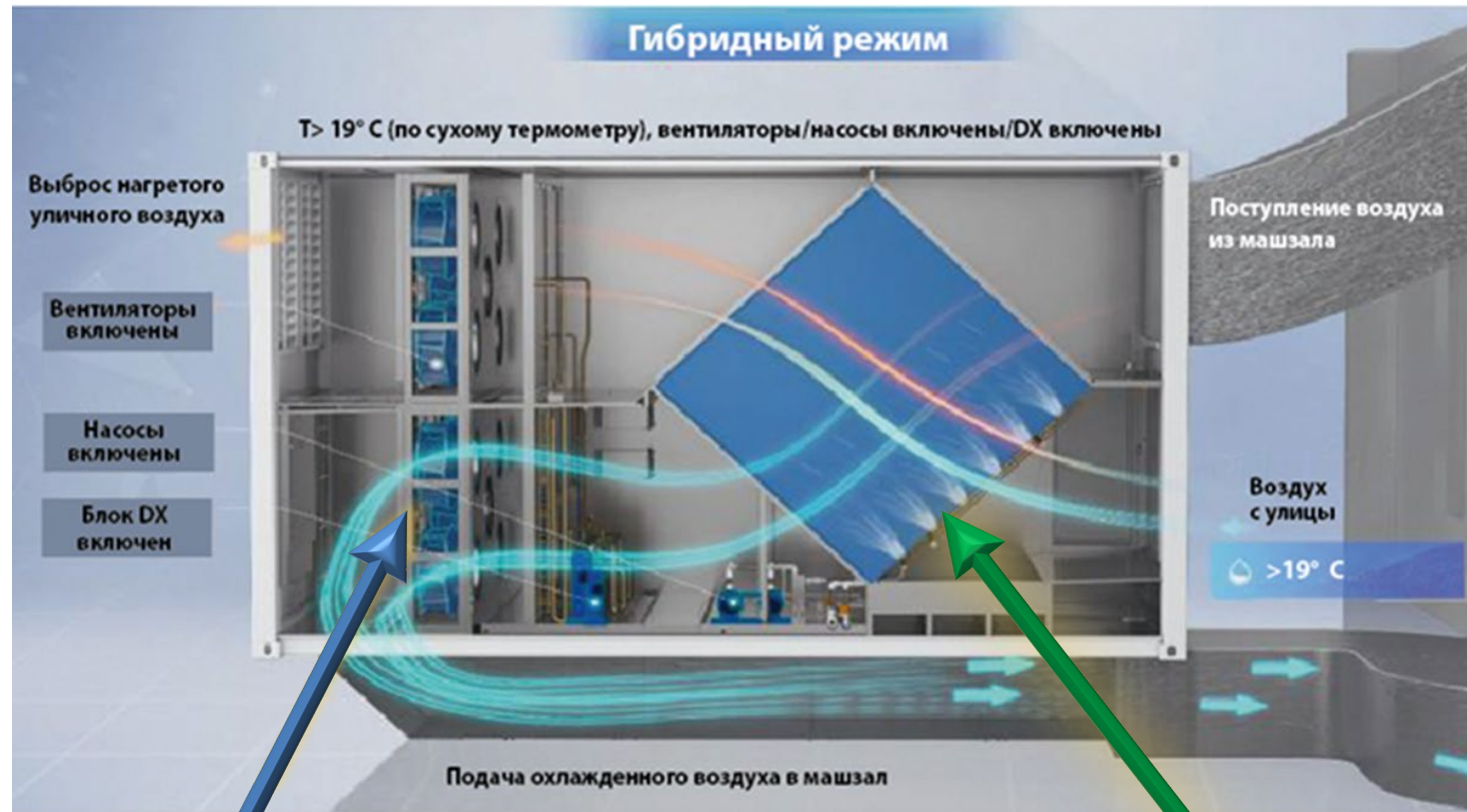
Минусы

- 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



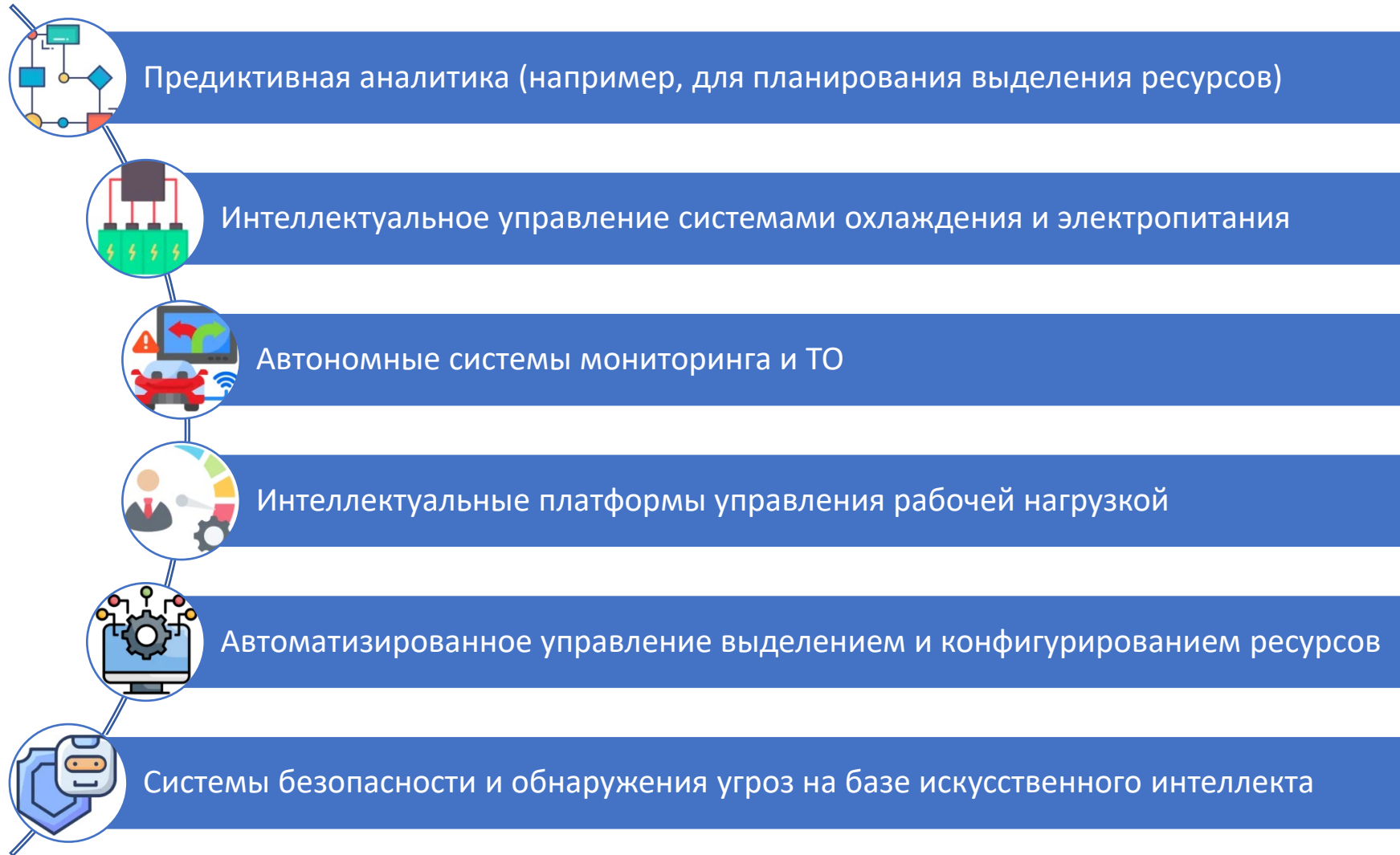
Для жарких и влажных периодов
-- блок механического (DX)
доохлаждения

Для жарких периодов –
блок адиабатического
доохлаждения

The image features a dark blue, futuristic digital environment. In the foreground, several glowing blue, semi-transparent ribbons or tubes flow through the space, some containing binary code (0s and 1s). The background is filled with complex wireframe structures, including rectangular grids and cylindrical forms, all rendered in a light blue glow against a black background. A semi-transparent blue horizontal bar is positioned across the middle of the image, containing the text 'ЦОДы и AI' in white. The overall aesthetic is high-tech and data-oriented.

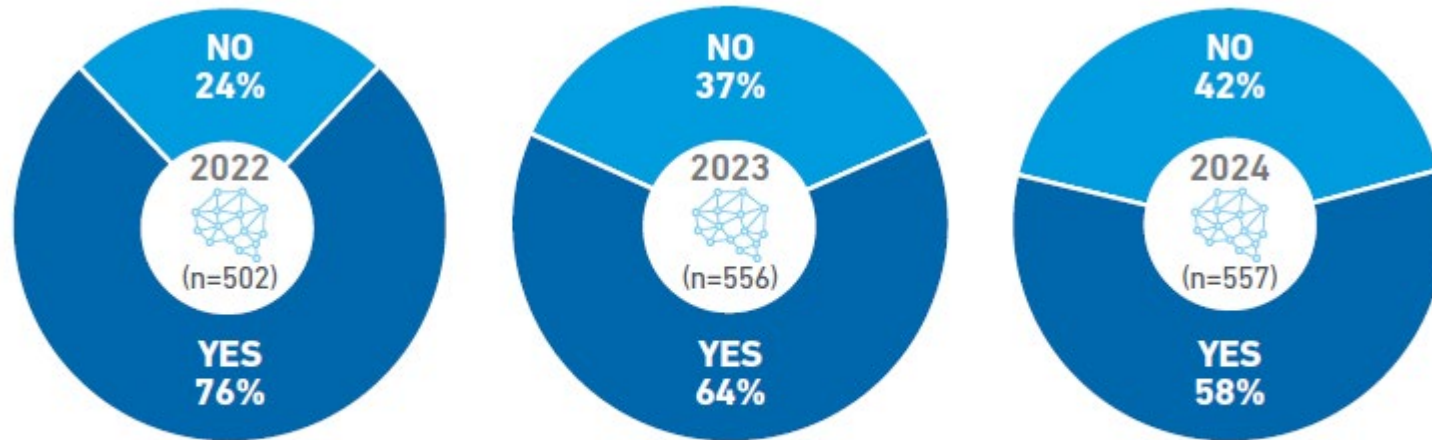
ЦОДы и AI

AI в ЦОДах



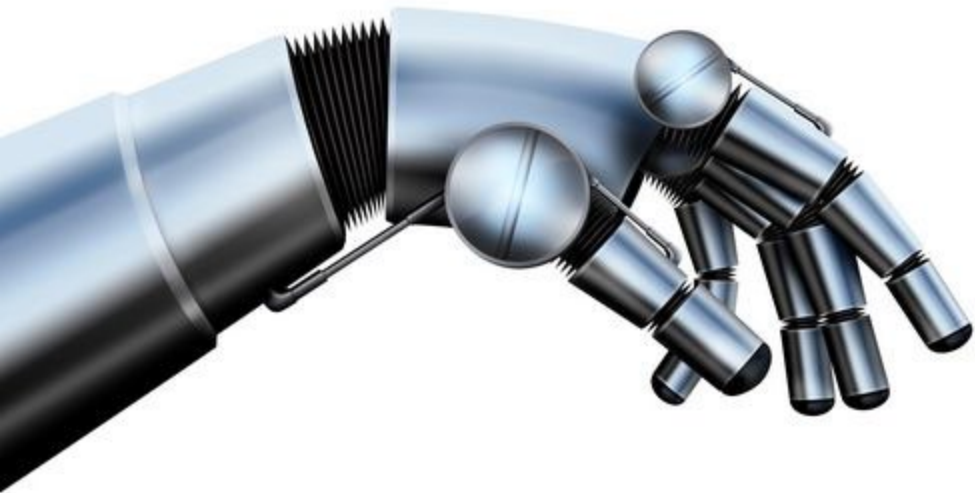
AI в ЦОДах. Уровень доверия

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»!



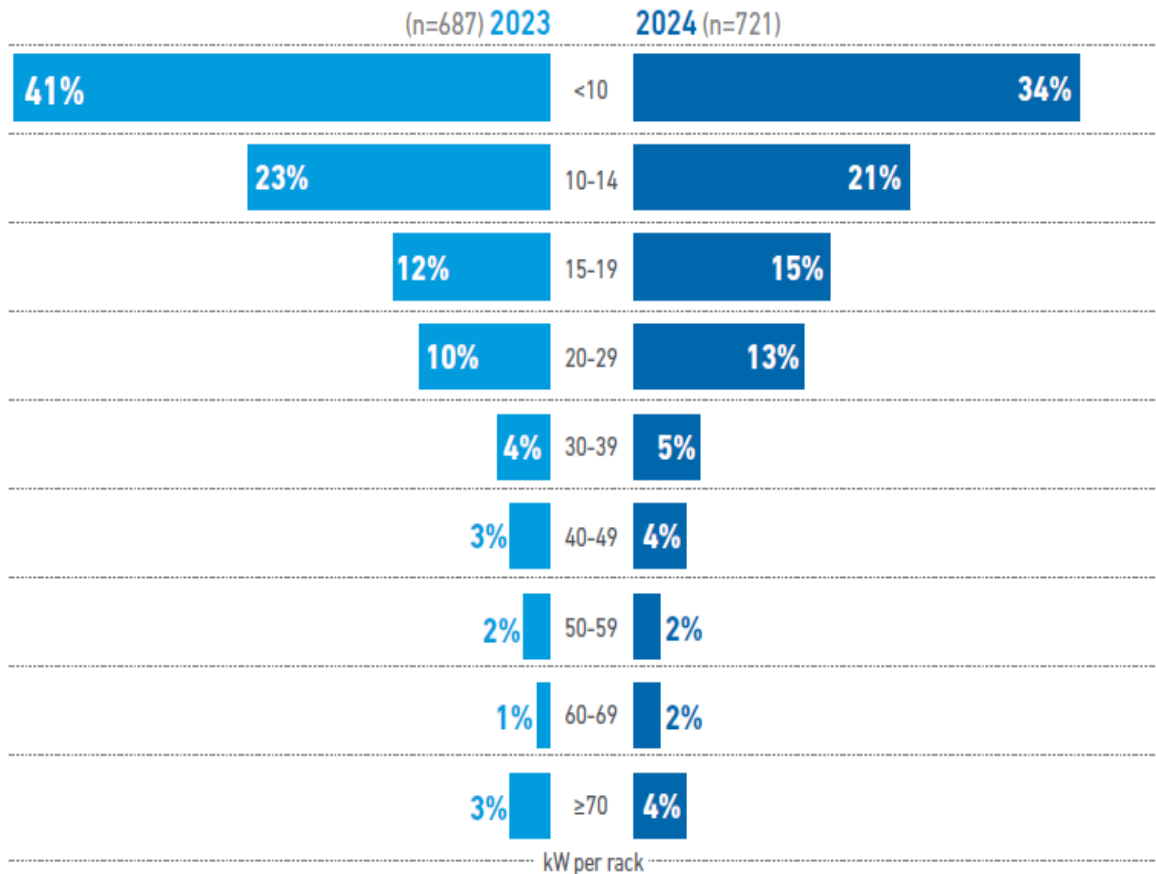
Задействовать ИИ в помощь службе эксплуатации – однозначное «ДА»!

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. A semi-transparent blue banner is positioned horizontally across the middle of the image, containing the text.

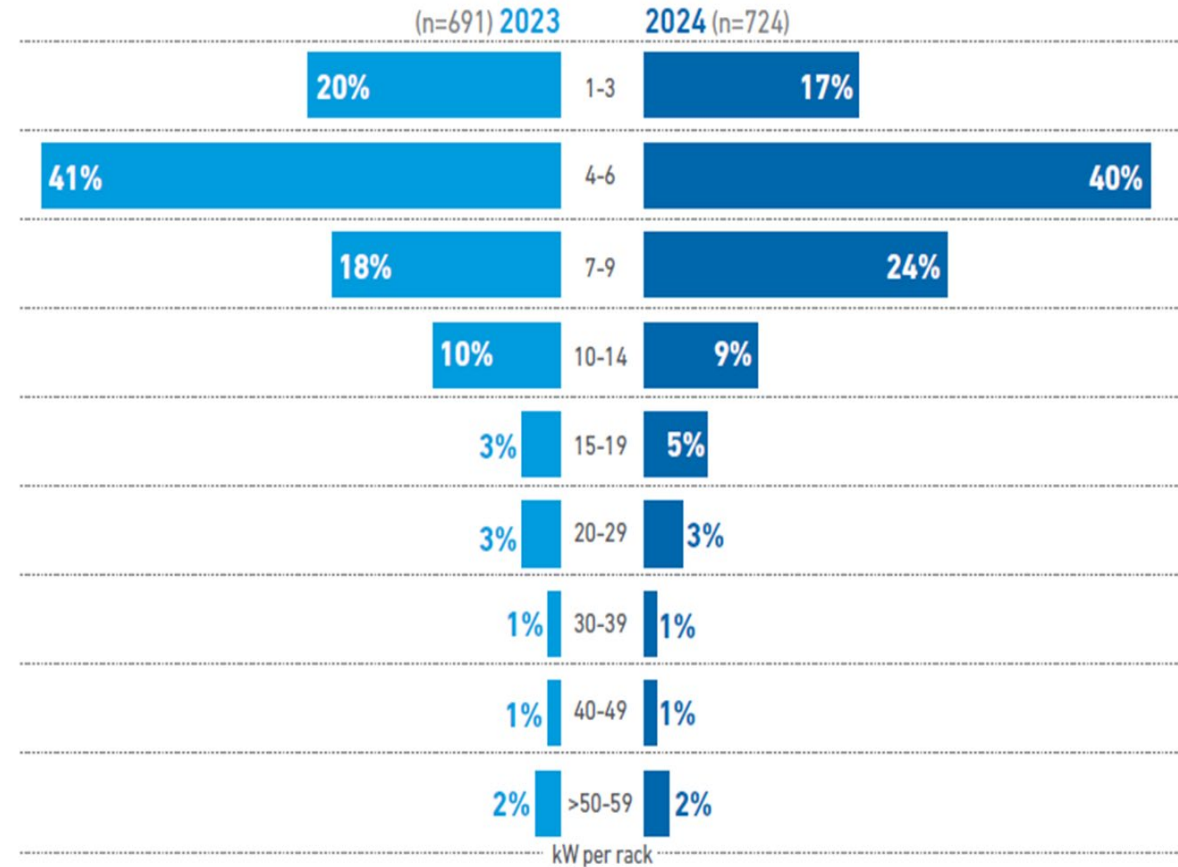
ЦОДы для AI

Мощность стоек в ЦОД

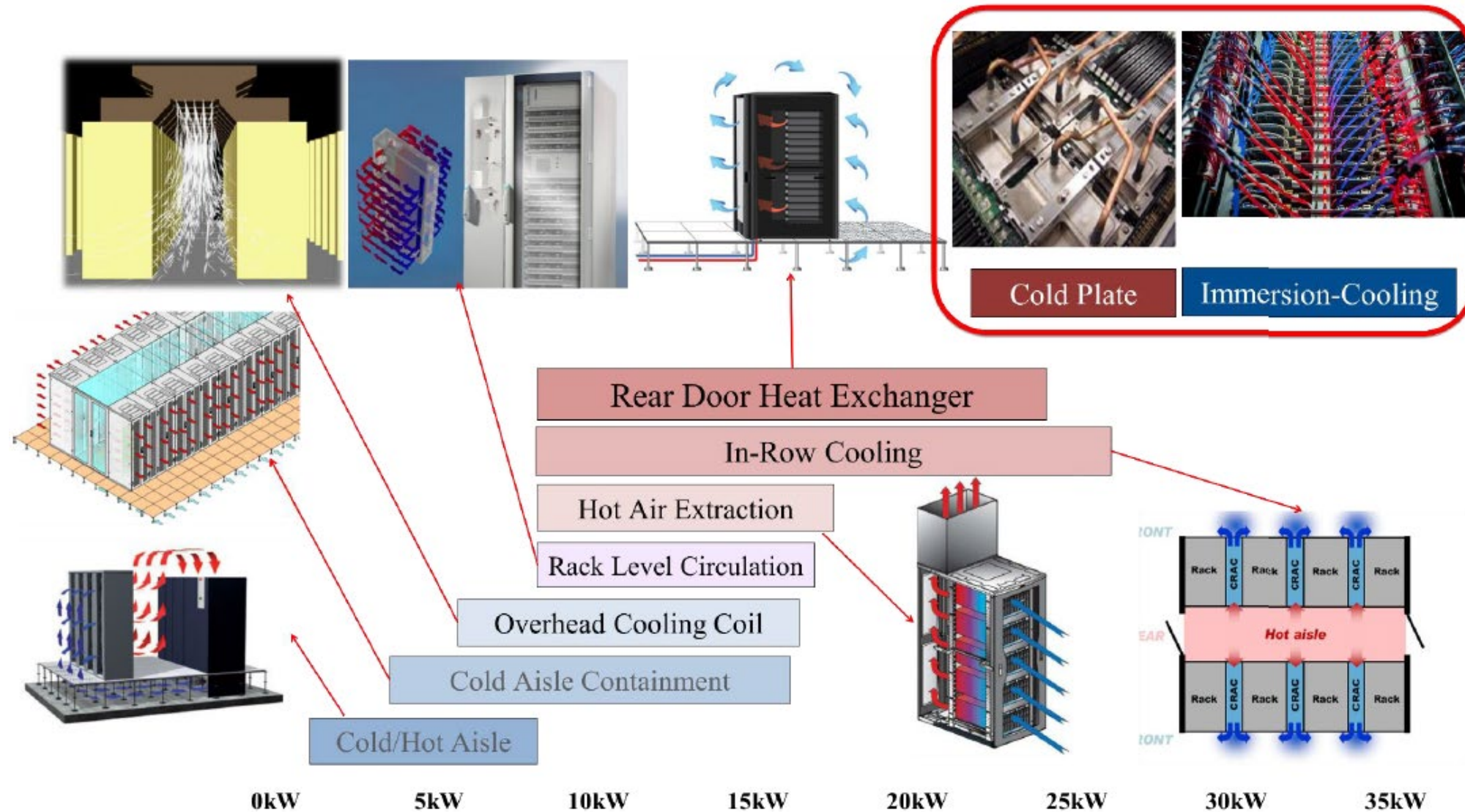
Максимальная



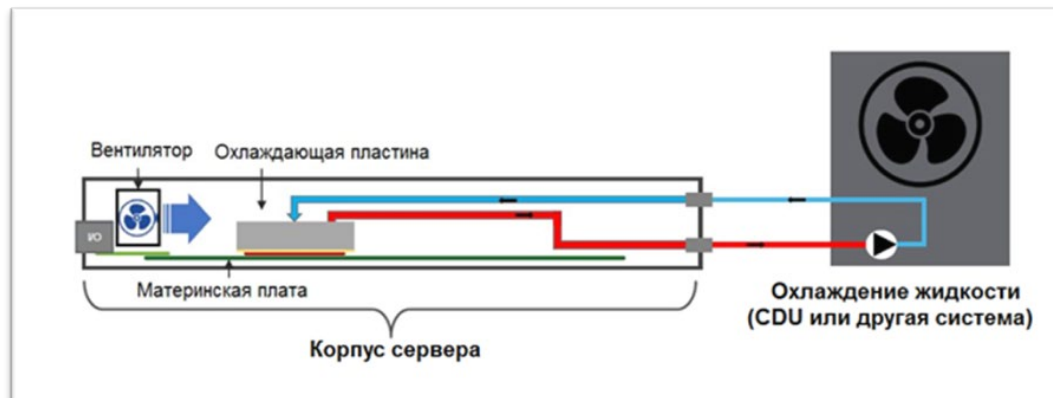
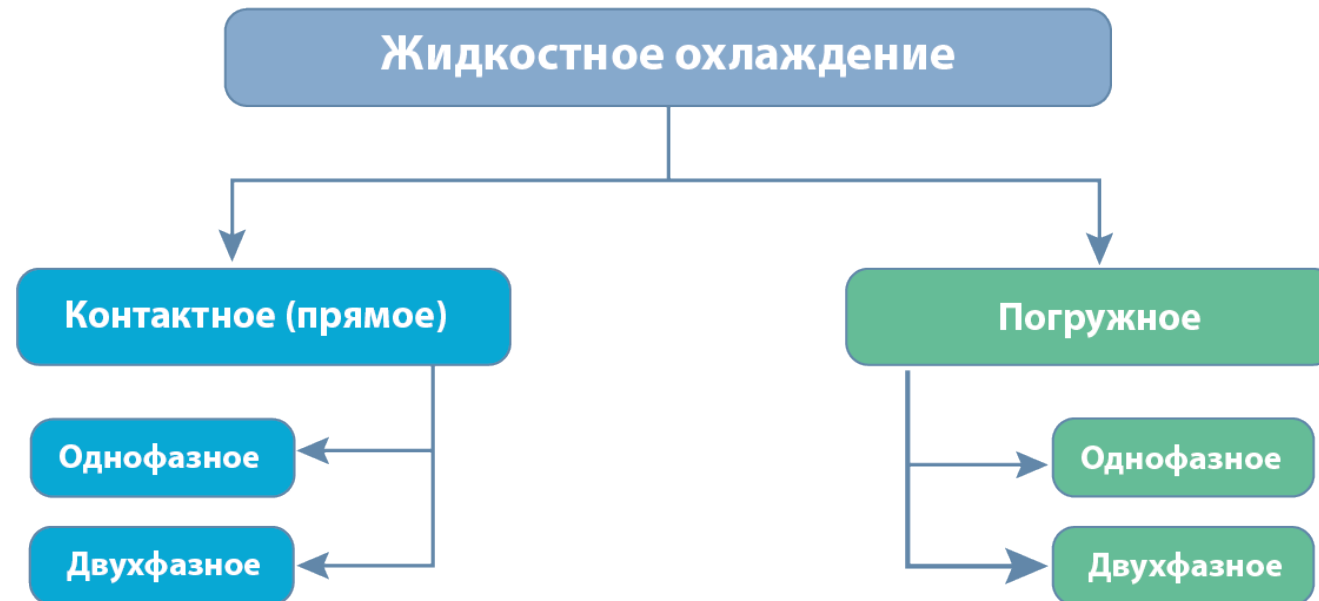
Средняя



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



Борьба за экологию

ЦОД без дизель-генераторов

Основные драйверы:

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



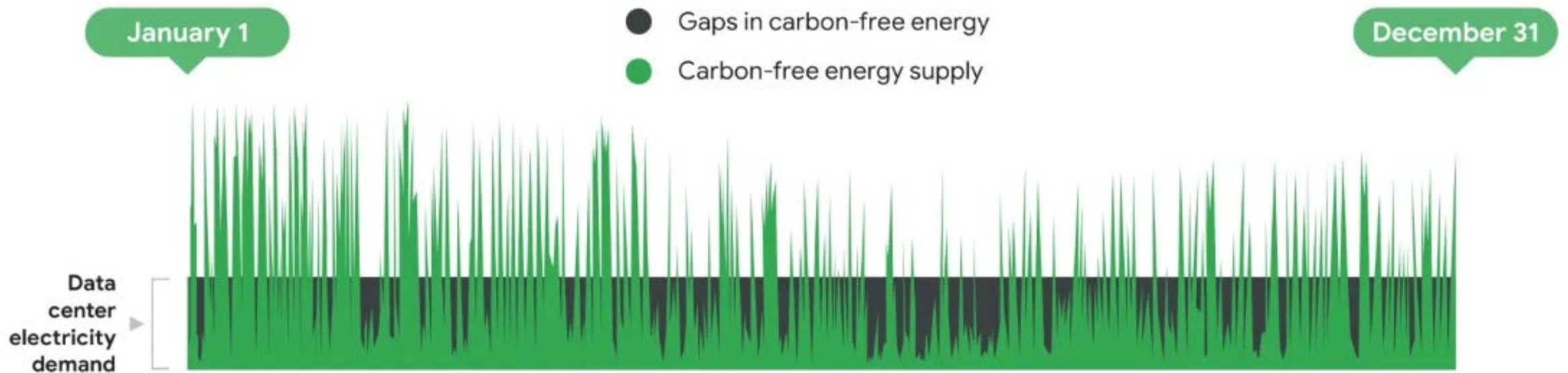
Основные барьеры:

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



Альтернативная энергетика: солнечные батареи и ветрогенераторы (1)

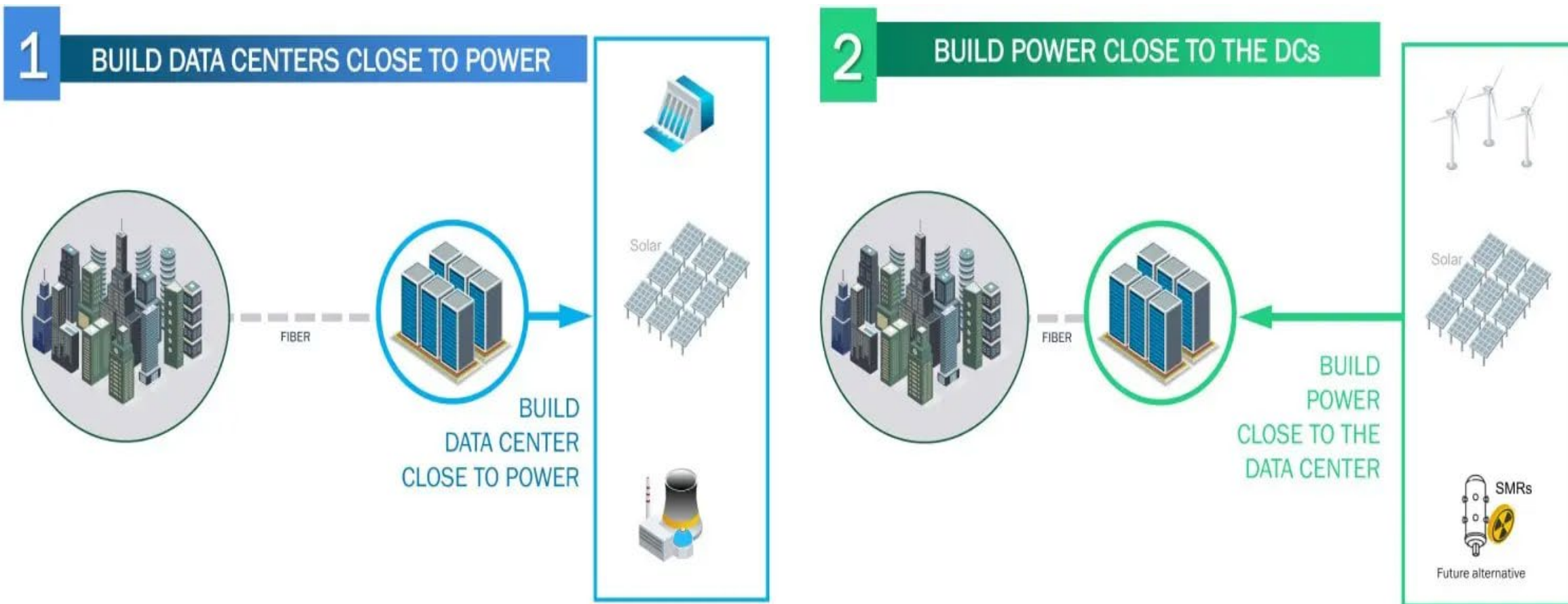
Выдаваемая мощность непостоянна и зависит от погодных условий и времени суток, а ЦОДам требуется постоянное и надежное электроснабжение



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:

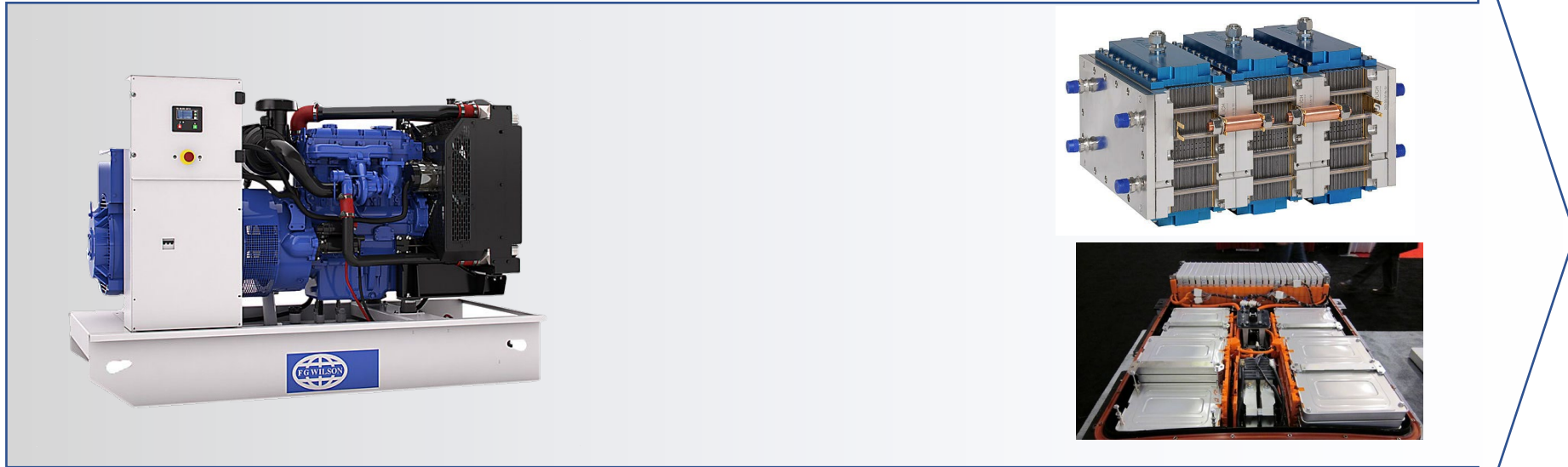
- Солнечные панели – примерно 10 тыс. кв. м
- Ветряные турбины – примерно 3,5 тыс. кв. м
- Дизель-генератор – примерно 20 кв. м





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

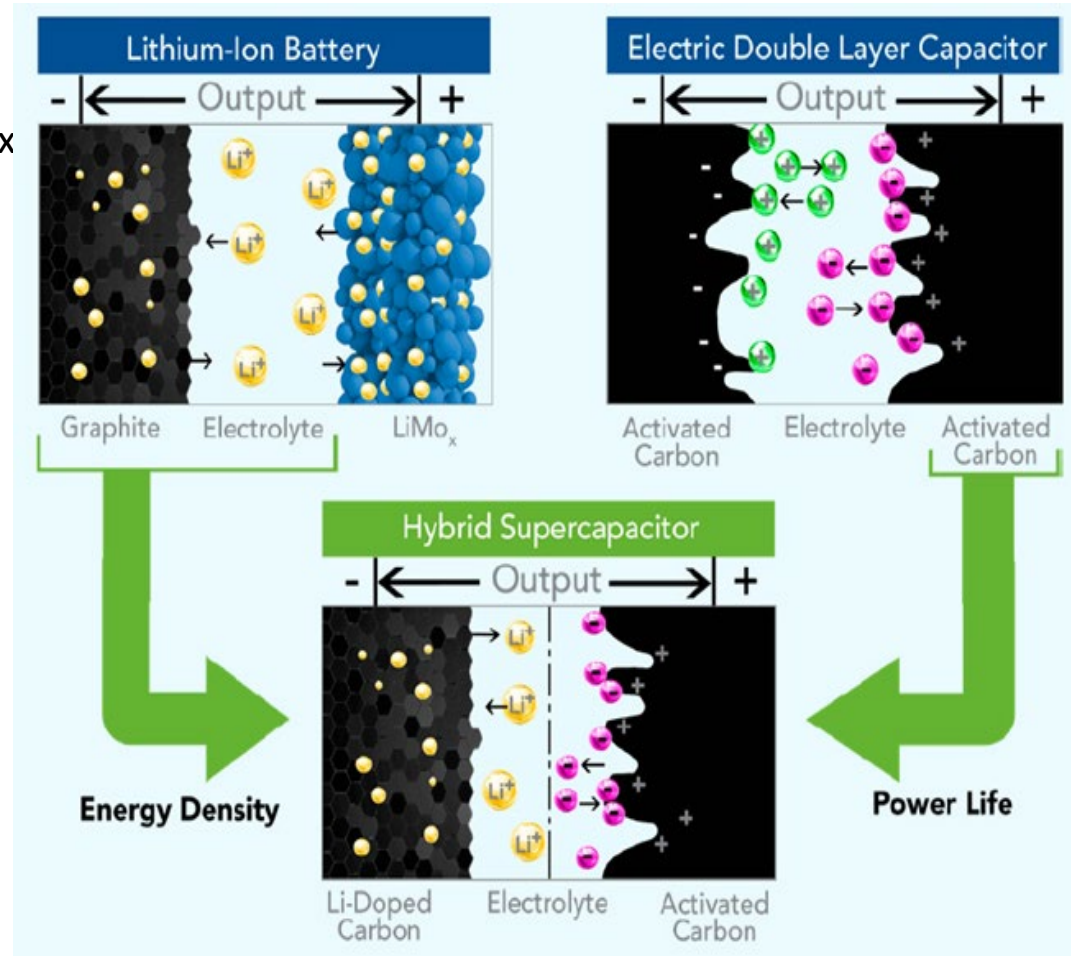
Характеристика	Суперконденсатор (20 блоков)	ЛИ АКБ	Маховик
Диапазон напряжения, В (DC)	570 to 360	538 to 410	520 to 400
Температурный диапазон, град. С	-40 to +65	+18 to +28	-10 to +40
Макс. мощность, кВт	300	150	300
Запасенная энергия, кВт·ч	1.39	32.6	1.67
Срок службы, лет*	20	15	20
Размер (ШхДхВ),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

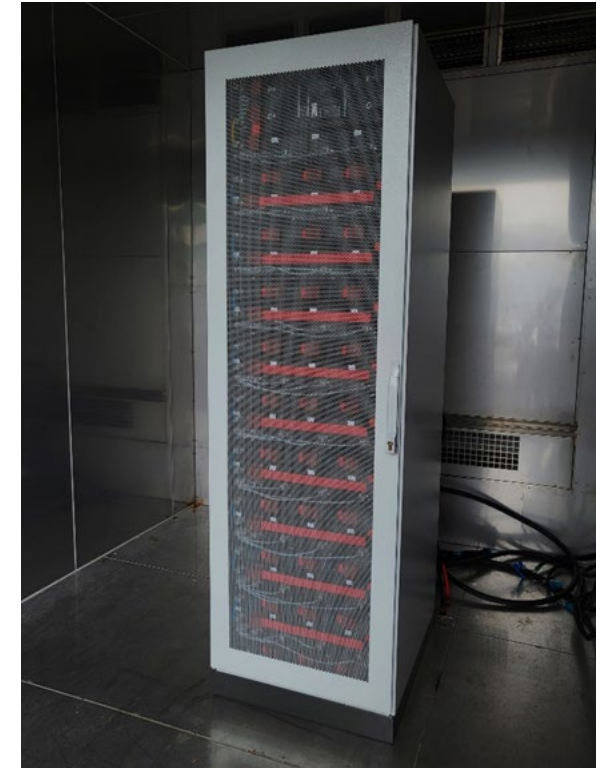
Источник: Eaton

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



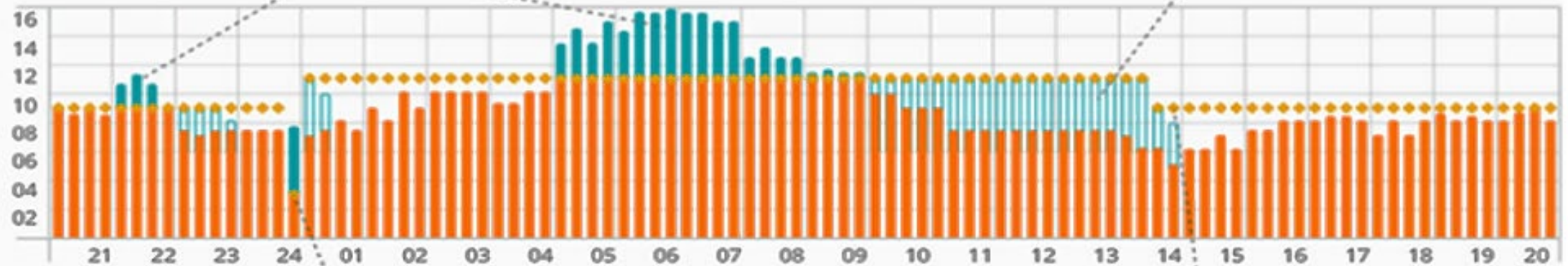
Источник: Uptime Institute Global Survey of IT and Data Center Managers, 2022

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

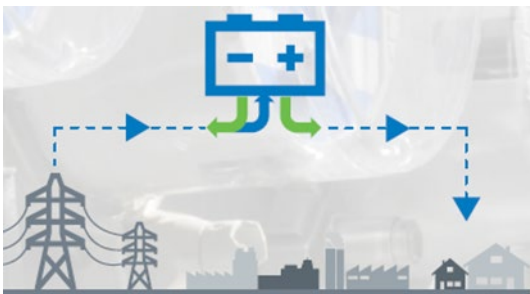
Power limit adjusts based on price, schedule, or availability

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