



ПРОСТРАНСТВО И ИНФРАСТРУКТУРА:

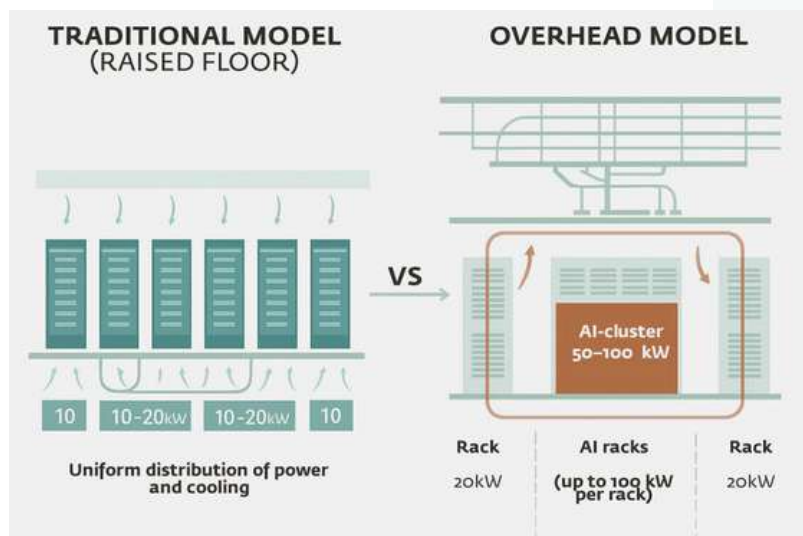
КАК ПРОЕКТИРОВАТЬ ДАТА-ЦЕНТРЫ ПОД AI

Эта статья — часть цикла, посвященная тому, как создаются дата-центры, способные выдерживать нагрузки нового поколения.

Современные AI-кластеры не просто размещаются в дата-центрах — они диктуют им новые законы архитектуры. Рост вычислительной плотности ведёт к тому, что каждый метр пространства и каждый киловатт энергии превращаются в стратегически важный ресурс. В этой статье мы разберем, как принципы **overhead-модели, модульности** и новые стандарты **энергосистем** формируют облик дата-центров нового поколения.

ПЕРЕХОД К OVERHEAD-МОДЕЛИ: ГЛАВНОЕ АРХИТЕКТУРНОЕ ИЗМЕНЕНИЕ

Традиционная модель ЦОД, предполагавшая равномерное распределение ресурсов "снизу вверх", не справляется с концентрацией десятков киловатт в одной AI-стойке. Ответом стала overhead-модель (накладная, верхнего уровня).



Суть overhead-модели

Overhead-архитектура переносит все ключевые инженерные системы над стойками, создавая новый уровень инфраструктуры:

- Все инженерные системы (электропитание, охлаждение, сети) размещаются над стойками
- Формируются целевые зоны ("острова") с экстремальной плотностью
- Остальная часть ЦОД может работать в традиционном режиме

ПРЕИМУЩЕСТВА ДЛЯ AI:

- **Точное распределение ресурсов:** мощность и охлаждение подаются именно в AI-кластеры, где это критически необходимо.
- **Минимизация потерь:** Сокращение длины кабельных трасс и воздухопроводов уменьшает сопротивление и энергопотери.
- **Гибкость и масштабируемость:** Легко создавать зоны с разной плотностью и добавлять новые стойки.
- **Эксплуатационная эффективность:** Упрощение обслуживания и реконфигурации без остановки кластеров



Практическая реализация: решения Patchwork FLEX POINT

Примером промышленного воплощения overhead-подхода является система Patchwork FLEX POINT:

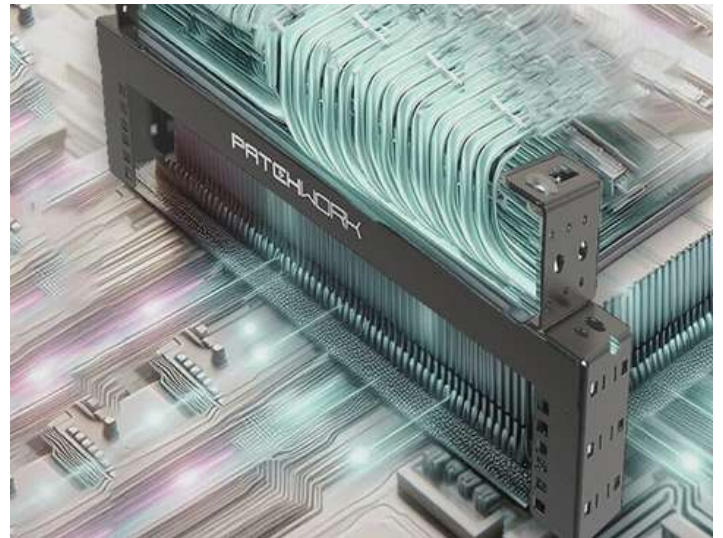
- **FLEX POINT (рама 19")**

Предназначена для установки коммутационного оборудования вне серверных шкафов (Out-of-Rack), высвобождая полезное пространство и обеспечивая гибкую интеграцию в зоне распределения (ZDA).

- **FLEX POINT (вертикальный органайзер)**

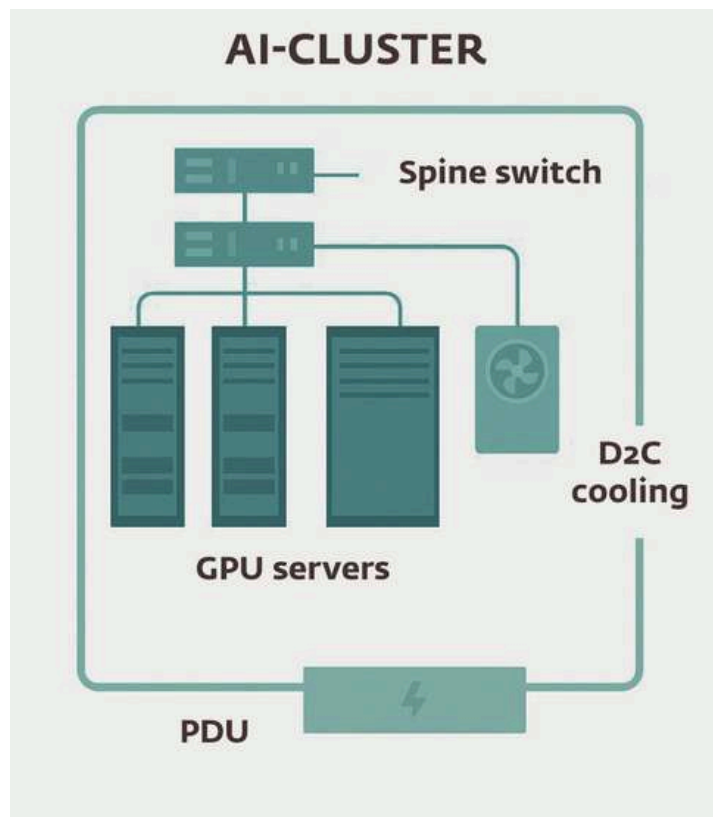
обеспечивает безопасную и технологичную укладку коммутационных шнуров при размещении панелей вне шкафов. Может устанавливаться с обеих сторон монтажной рамы, формируя единый модуль над зоной EDA ЦОД.

*Для AI-площадок с плотностью потребления свыше 100 кВт на стойку overhead-модель становится не просто удобством, а физическим условием существования



МОДУЛЬНОСТЬ: НОВЫЙ ПРИНЦИП ПРОЕКТИРОВАНИЯ AI-ЦЕНТРОВ

AI-инфраструктура по своей природе состоит из повторяющихся блоков — GPU-кластеров. Этот принцип переносится и на ЦОД.



1. КЛАСТЕР КАК «АТОМ» AI-ЦОДА

Типовой модуль:

- 64–256 GPU-серверов
- собственные Spine-коммутаторы
- выделенная линия электропитания
- D2C/жидкостное охлаждение
- собственная сеть распределения (ZDA/EDA)

Кластер проектируется как самостоятельная конструктивная единица.

2 . PREFABRICATED MODULAR DATA CENTERS (PFM)

PFM — заводские модульные дата-центры с заранее размещёнными:

- системами охлаждения;
- распределением мощности;
- стендовыми GPU-модулями;
- сетевой фабрикой.

ПРЕИМУЩЕСТВА PFM:

- Развёртывание за месяцы, не годы.
- Предсказуемость стоимости и TCO.
- Подходит для временных или удалённых площадок.
- Упрощает создание 1–5 МВт AI-кластеров.

ЭНЕРГОСИСТЕМА AI-ЦОД: ПЕРЕХОД К ВЫСОКОМУ НАПРЯЖЕНИЮ

Традиционные системы питания ЦОД на 400/230В достигают своих пределов при мощностях 50–100 кВт на стойку. AI-кластеры требуют перехода на более высокие напряжения.

ПРЕИМУЩЕСТВА ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ СИСТЕМ:

- **Снижение потерь:** Уменьшение токовой нагрузки приводит к квадратичному снижению потерь ($P = I^2R$)
- **Уменьшение сечения кабелей:** дешевле и легче обслуживать.
- **Высокий КПД БП:** пик эффективности при 575В/400В.
- **Снижение CAPEX:** меньшие затраты на кабельные трассы, распределительные устройства.

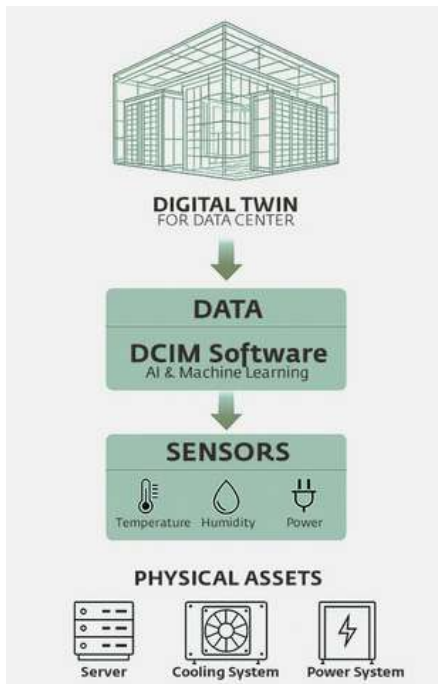
AI-кластеры масштабom 1–5 МВт просто невозможны на старой схеме 400/230В.



Ниже таблица сравнения систем электропитания:

ПАРАМЕТР	ОБЫЧНЫЙ ЦОД	AI-ЦОД
НАПРЯЖЕНИЕ	400В AC / 48В DC	575В AC / 400В DC
ПЛОТНОСТЬ	10–30 КВТ/СТОЙКА	50–150 КВТ/СТОЙКА
КПД БП	90–94%	96–98%
ТОКОВАЯ НАГРУЗКА	ВЫСОКАЯ	2–3 РАЗА НИЖЕ

ИНТЕГРАЦИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ:



AI-ЦОД — это не набор отдельных инженерных модулей. Это единая кибер-физическая система, где все подсистемы связаны:

КЛЮЧЕВЫЕ АСПЕКТЫ ИНТЕГРАЦИИ:

1. ЕДИНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ (DCIM + AI)

- централизованный мониторинг через DCIM-платформы (Data Center Infrastructure Management)
- predictive maintenance на основе данных AI;
- автоматическое перераспределение ресурсов;

2. ТЕПЛОВОЙ МЕНЕДЖМЕНТ

- использование цифровых двойников (Digital Twin) для моделирования потоков;
- интеграция систем охлаждения с источниками тепла;
- динамическое управление температурными режимами.

3. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ

- AI-алгоритмы прогнозируют нагрузку и автоматически перераспределяют мощность;
- балансировка нагрузок между кластерами;
- интеграция с ВИЭ и системами накопления энергии.

АРХИТЕКТУРА AI-ОПТИМИЗИРОВАННОГО ДАТА-ЦЕНТРА

Типовая структура AI-ЦОДа следующего поколения:

Уровень 1 — Фундамент (20–100 МВт)

- площадь: 5 000–20 000 м²;
- чиллеры, градирни или жидкостные контуры;
- внешние высоковольтные подстанции.

Уровень 2 — Модули мощности (1–5 МВт каждый)

- плотность: 50–150 кВт/стойку;
- overhead-распределение;
- прямое жидкостное охлаждение (D2C).

Уровень 3 — Сеть и коммутация

- неблокирующая топология Clos/Fat-Tree;
- InfiniBand или High-Performance Ethernet;

Принципы построения, расчеты и сравнительный анализ таких сетей детально разобраны в Главе «Сетевые топологии» Руководства по проектированию Patchwork/Mycelium.

Уровень 4 — Управление и аналитика

- DCIM-платформа;
- AI-модели предсказания состояния;
- централизованные панели управления.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

Проектирование дата-центров под AI требует радикального пересмотра всех прежних принципов. Вместо универсальности — специализация, вместо статичности — динамика, вместо распределенной модели мы переходим к целевой.

Основы AI-ЦОДа нового поколения:

- Overhead-модель — физическая необходимость.
- Модульность — способ быстрого роста.
- Высоковольтные энергосистемы — ключ к энергоэффективности.
- Глубокая интеграция инженерных систем — обязательный стандарт.
- Автоматизация — единственный путь к управляемости.

Эти принципы не просто оптимизируют стоимость владения — они делают возможным само существование крупномасштабных AI-систем, определяющих будущее технологий.

