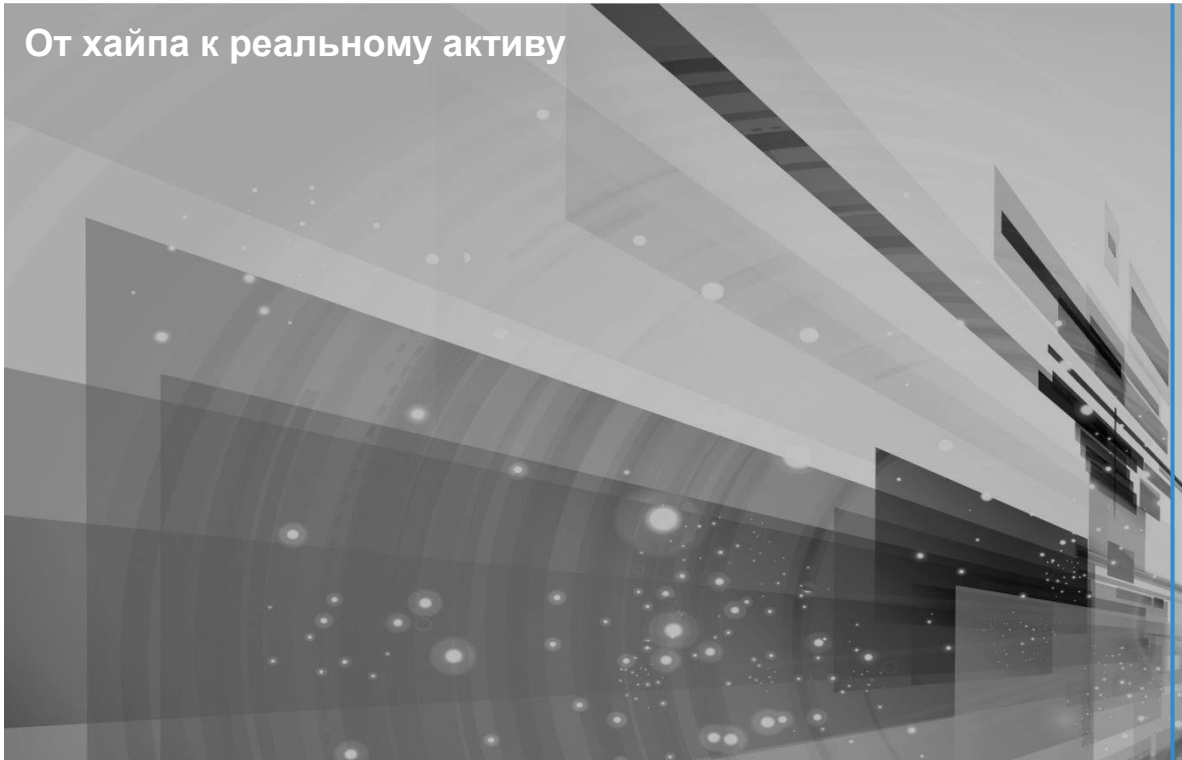
ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ



Степанов Вадим Валерьевич –
Директор ТИМ департамента в СберСити,
Ведущий эксперт Университета Минстроя НИИСФ РААСН,
Член технического комитета ТК 505 «Информационное моделирование» при Минстрое России,
Член евразийского сообщества практиков прогрессивного пакетирования работ.

КОНТЕКСТ: ПРОБЛЕМА ЦИФРОВИЗАЦИИ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ



Что касается научных работ, то, как показало исследование, количество публикаций, содержащих ключевые слова «цифровые двойники», «BIM», «управление» и «обслуживание», выросло почти на 4000% с 2010–2020 по 2021–2023 годы. Такой ажиотаж вокруг этих технологий не мог не затронуть и сферу инжиниринга и строительства (E&C), которая воспринимается как благоприятная почва для эпохи цифровой трансформации.

ОТРАСЛЬ НА ПЕРЕПУТЬЕ

Несмотря на свой экономический вес (6% мирового ВВП),строительная является одной из **наименее оцифрованных.**

В то время как другие отрасли (например, автомобилестроение) прошли цифровые преобразования, строительство отстает из-за:

- Консервативной культуры
- Фрагментированности проектов
- Неформализованных процессов

Источник: MDPI, McKinsey



ЧАСТЬ 1:
ЧТО ТАКОЕ ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК?

…и чем он НЕ является



ПРОБЛЕМА №1: "МОДНЫЙ" ТЕРМИН

Определение (McKinsey)

Цифровой двойник — это **цифровое представление** физического объекта, которое всегда рассматривается **в его среде**.

Ключевые аспекты:

- Он связан с **реальными источниками данных** (например, датчиками IoT).
- Он способен **обновляться в режиме реального времени**.

Это не просто модель, это "живой" организм.





КРИТИЧЕСКОЕ РАЗЛИЧИЕ: МОДЕЛЬ VS. ТЕНЬ VS. ДВОЙНИК

ЭТО НЕ ДВОЙНИК

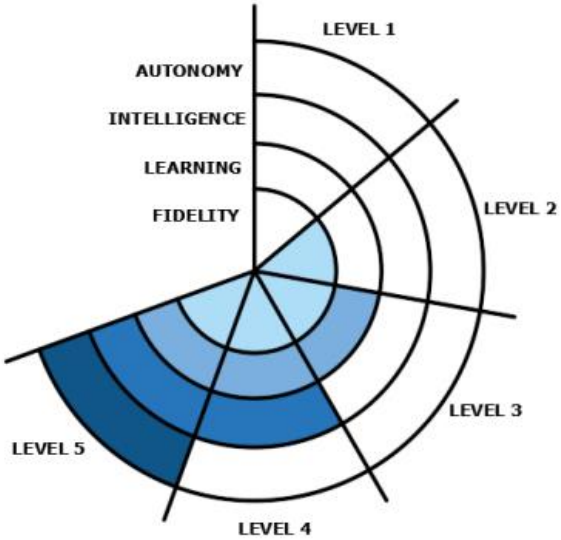
- Статический 3D BIM-контент
- CAD-чертеж
- Разовая симуляция процесса
- Дашборд без обратной связи

Это ценные инструменты, но они не являются Цифровыми Двойниками.

Иерархия данных (MDPI)

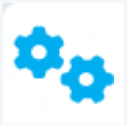
- Цифровая Модель:
  Нет автоматической связи. Данные вводятся вручную (напр., BIM-модель).
- Цифровая Тень:
  Односторонний поток данных. Датчики на объекте обновляют модель.
- Цифровой Двойник:
  Двусторонний поток данных. Модель получает данные с объекта И может отправлять команды обратно.

МОДЕЛЬ ЗРЕЛОСТИ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА (MDPI/ARUP)



Название	Описание
Уровень 1. Дескриптивный (Descriptive)	**Статическая 3D-модель (BIM).** Модель служит для визуализации и хранения информации. Нет автоматической связи с реальным объектом. Данные вводятся вручную.
Уровень 2. Информационный (Informative)	**Модель + Мониторинг.** Модель связана с датчиками на объекте (IoT). **Односторонний поток данных.** Двойник сообщает о текущем состоянии, но не анализирует и не предсказывает.
Уровень 3. Предиктивный (Predictive)	**Прогноз + Симуляция.** Двойник использует аналитику и алгоритмы машинного обучения для прогнозирования будущих состояний (например, износ оборудования, пиковая нагрузка). Используется для сценариев "Что, если?".
Уровень 4. Предписывающий (Prescriptive)	**Оптимизация и Рекомендация.** Двойник не просто предсказывает, но и предлагает оптимальные решения для достижения бизнес-цели (например, "отключите насос А, чтобы сэкономить 10% энергии, не влияя на температуру"). Требует двустороннего потока данных.
Уровень 5. Автономный (Autonomous)	**Полностью Автоматизированный.** Двойник самостоятельно принимает и исполняет решения в рамках установленных правил (замкнутый цикл). Человеческое вмешательство требуется только для утверждения критических изменений.

АРХЕТИПЫ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ (MCKINSEY)



Двойник Продукта

Цифровая копия отдельного актива (например, турбины, насоса, лифта).



Двойник Производства

Копия целого производственного объекта или завода (напр., завода ЖБИ).



Двойник Сети

Копия сети или цепочки поставок (напр., логистика стройматериалов).

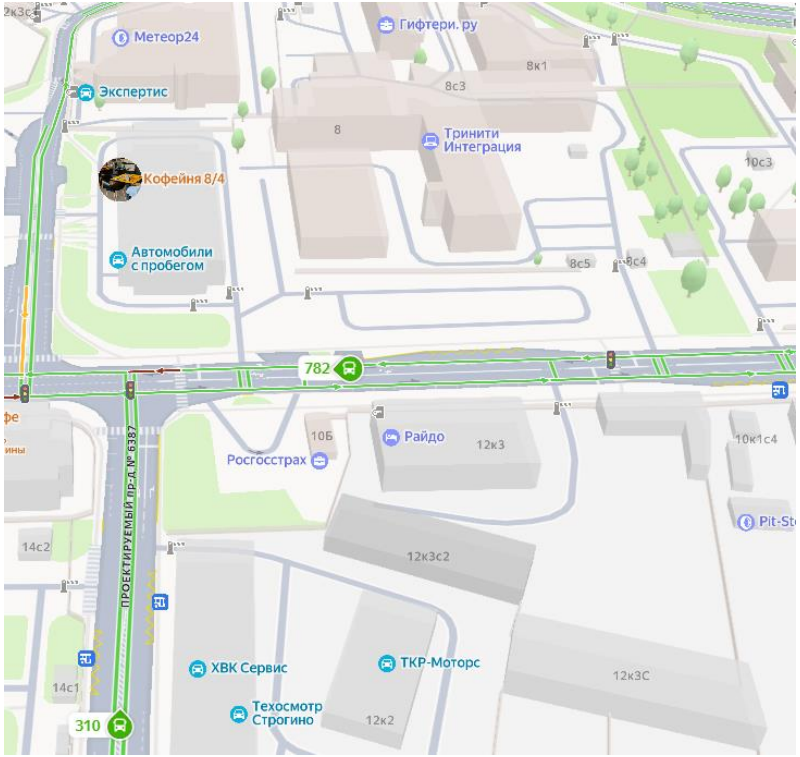


Двойник Инфраструктуры

(Наш фокус) Копия крупного объекта: здания, моста, железной дороги или целого города.

Простой пример двойника: Яндекс Карты

- **Как это работает?**
- Яндекс Карты — это, по сути, Цифровой Двойник поверхности Земли.
- **Физический объект:** Дорожная сеть и автомобили.
- **Цифровая модель:** Карта.
- **Данные (в реальном времени):** Информация о пробках от телефонов пользователей.
- **Действие (Обратная связь):** Мгновенная оптимизация и предложение нового маршрута.
- Это идеальный пример двусторонней связи в реальном времени



ЧАСТЬ 2: ЗАЧЕМ? ЦЕЛИ И ПРИМЕНЕНИЕ В E&C



ПАРАДОКС СТРОИТЕЛЬСТВА: ГДЕ НА САМОМ ДЕЛЕ ТРАТЯТСЯ ДЕНЬГИ?

Industry	Main assets produced
Aerospace & aviation	Aircrafts and components
Manufacturing	Consumer goods
Energy & Utilities	Energy generation and distribution
Automotive	Vehicles and components
Healthcare	Pharmaceuticals and medical equipment
	Internet of Things (IoT) for

Самые большие затраты приходятся не на строительство непосредственно, а на пожизненную эксплуатацию

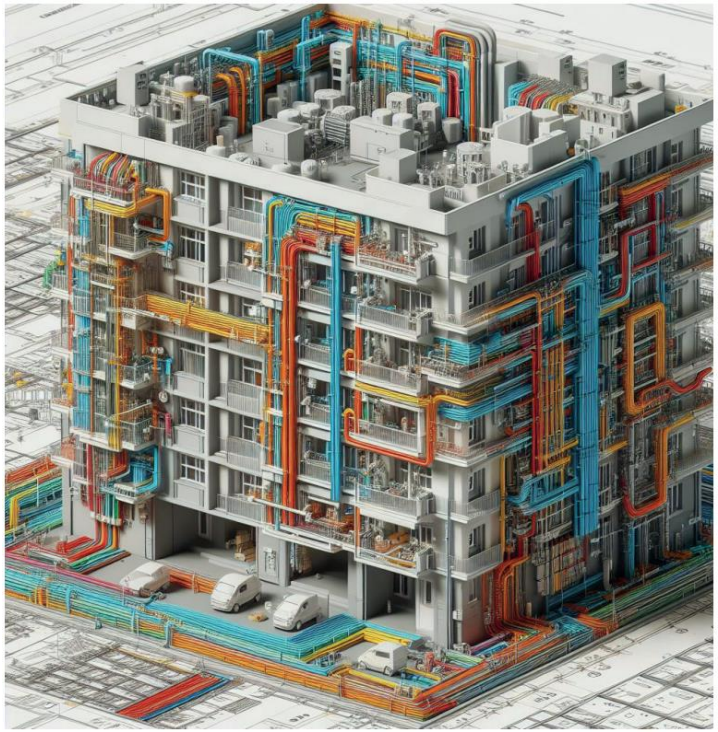
ГЛАВНАЯ ЦЕЛЬ: ОТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ К ЭКСПЛУАТАЦИИ

Смещение фокуса

Исторически, BIM и 3D-модели были сосредоточены на **Проектировании** и **Строительстве**.

Но настоящая ценность для E&C-активов лежит в **Эксплуатации**.

Главная цель Двойника в E&C (MDPI):
Перейти от реактивного обслуживания ("сломалось — чиним") к **Предиктивному Обслуживанию** ("скоро сломается — чиним") и **Оптимизации Актива**.



ОБЩАЯ БИЗНЕС-ЦЕННОСТЬ



Сокращение Сроков

Быстрые итерации и оптимизация проектных решений. Сокращение времени выхода на рынок.



Повышение Качества

Выявление недостатков проекта до начала физических работ. Снижение количества брака и переделок.



Устойчивость

Оптимизация расхода материалов и энергопотребления (до 20% сокращения отходов).



Рост Дохода

Повышение эффективности актива и создание новых услуг на базе данных (до 10% роста дохода).

ТОП-6 ЦЕЛЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ДВОЙНИКОВ (ИСТОЧНИК: MDPI)



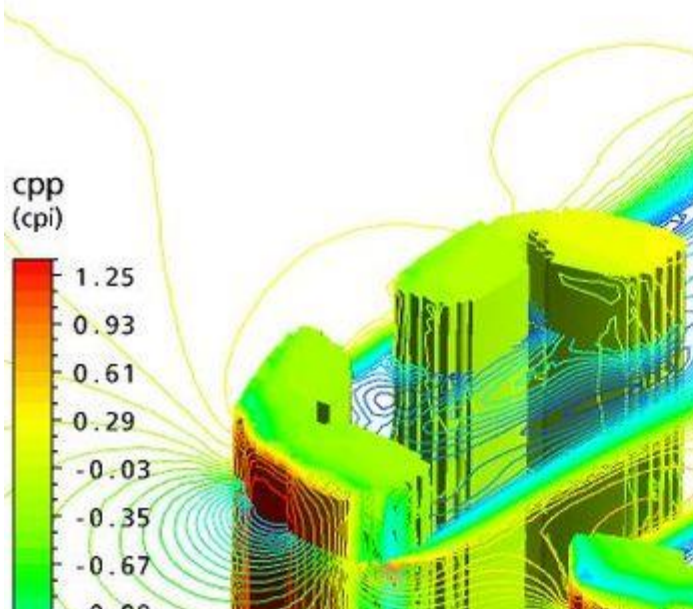
ПРИМЕНЕНИЕ:
ФАЗА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

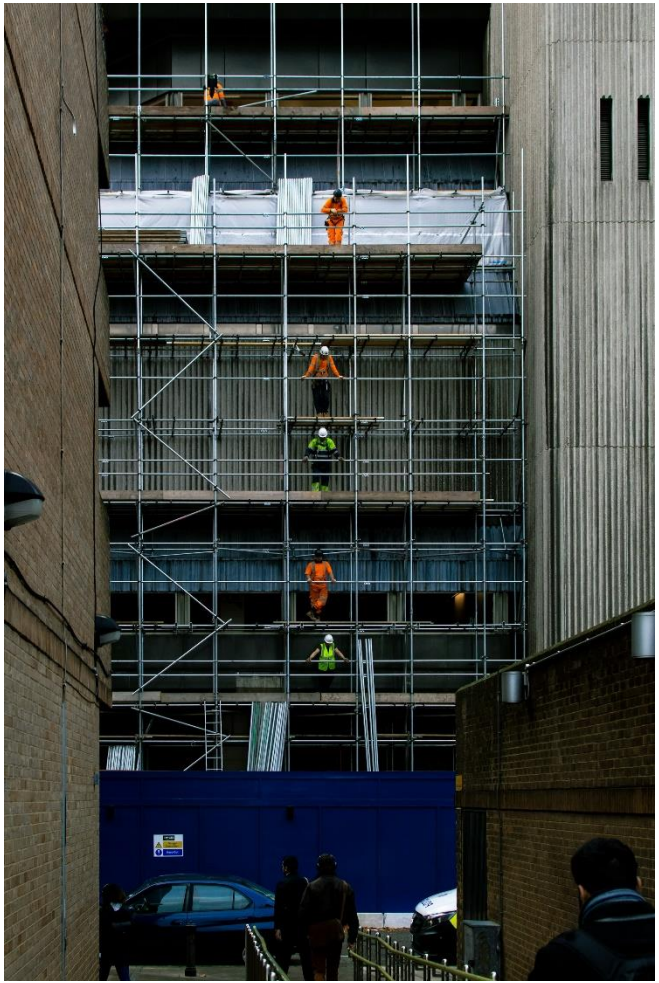
Тестирование до Постройки

Двойник позволяет провести "краш-тест" здания до того, как будет заложен первый камень.

- **Симуляция Сценариев:** Что, если? (пожар, землетрясение, наводнение).
- **Оценка Уязвимостей:** Выявление слабых мест в конструкции или материалах.
- **Оптимизация Эффективности:** Моделирование потоков людей, энергопотребления, логистики.

Это снижает риски и дорогостоящие изменения на этапе строительства.





ПРИМЕНЕНИЕ: ФАЗА СТРОИТЕЛЬСТВА

Контроль "План vs. Факт"

Двойник становится единым источником правды на стройплощадке.

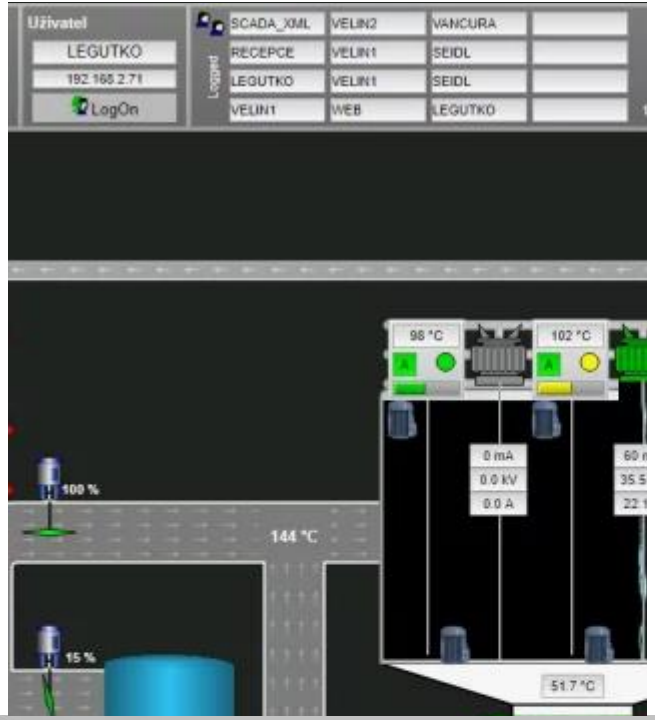
- **Мониторинг Прогресса:** Сравнение реального состояния (полученного с дронов, сканеров) с BIM-моделью.
- **Выявление Узких Мест:** Отслеживание логистики и поставок (особенно для ЖБИ).
- **Контроль Качества:** Автоматизированное выявление отклонений от проекта (MDPI).

ПРИМЕНЕНИЕ: ЭКСПЛУАТАЦИЯ (ГЛАВНАЯ ЦЕННОСТЬ)

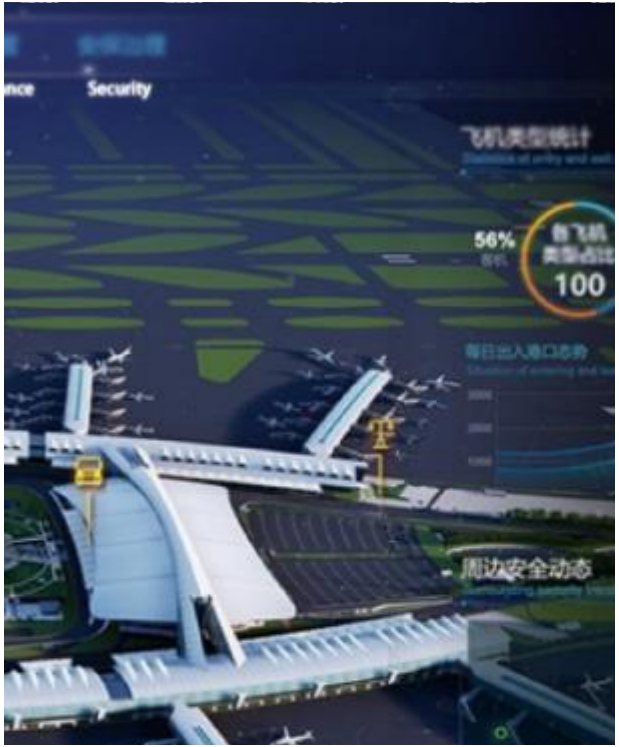
"Живой" Актив

На этом этапе Двойник раскрывает свой максимальный потенциал.

- **Предиктивное Обслуживание:** Датчики вибрации на мосту или в лифте предсказывают поломку **до** ее наступления.
- **Энергоэффективность:** Оптимизация ОВК (HVAC) и освещения в реальном времени в зависимости от погоды и присутствия людей.
- **Управление Пространством:** Анализ потоков людей для оптимизации арендуемых площадей или графиков уборки.



ПРИМЕРЫ ИЗ ДРУГИХ ОТРАСЛЕЙ (MDPI)



Аэрокосмос и Автопром

Они были первыми, потому что их активы производятся серийно и быстро.

- **Boeing / Airbus:** Используют ДТ для мониторинга производительности самолетов в полете в реальном времени.
- **BMW / Ford:** Создают ДТ целых заводов. BMW может виртуально протестировать новую сборочную линию, не останавливая текущее производство (которое выпускает машину в минуту).

ПРИМЕРЫ ДВОЙНИКОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ (MDPI)

От Здания к Городу

E&C догоняет, фокусируясь на крупных, уникальных активах.

- **Crossrail (Лондон):** Создан ДТ всей линии Elizabeth Line, включающий более 250 000 моделей активов (от светильников до кабелей) для управления эксплуатацией.
- **Deutsche Bahn (Германия):** Строит ДТ всей своей ж/д сети для максимизации пропускной способности без постройки новых путей.
- **Virtual Singapore:** Первый в мире ДТ целой страны, используемый для всего, от планирования эвакуации до установки 5G-вышек.



ЧАСТЬ 3: КАК ПОСТРОИТЬ СВОЙ ПЕРВЫЙ ДВОЙНИК?



ПРОВЕРЕННЫЙ 3-ЭТАПНЫЙ ПОДХОД

1. Создать "Чертеж" (Blueprint)

Фаза Стратегии. Определение "Зачем?"

2. Построить Базовый Двойник

Фаза MVP (3-6 мес.). Запуск первой версии.

3. Нарастить Возможности

Фаза Масштабирования. Добавление AI и новых данных.

4. Трансформация

Двойник становится ядром принятия решений.



ШАГ 1: СОЗДАТЬ "ЧЕРТЕЖ" (СТРАТЕГИЯ)



Начните с Проблемы, а не с Технологии

Без этого шага компании создают "одноразовые" ДТ с нулевой ценностью.

Ключевые вопросы (McKinsey):

- Какую конкретную **бизнес-проблему** мы решаем? (напр., "сократить простои лифтов на 30%")
- Какой **бизнес-кейс**? Каков ROI?
- Кто будет владеть Двойником? (IT или Эксплуатация?)
- Какова наша общая цифровая стратегия?

ШАГ 2: ПОСТРОИТЬ БАЗОВЫЙ ДВОЙНИК (MVP)



Начните с Малого, Думайте о Большом

Цель — получить быструю победу за 3-6 месяцев.

Ключевой инсайт (McKinsey):

> "Организациям **не нужны идеальные данные** или ультрасовременная платформа, чтобы начать."

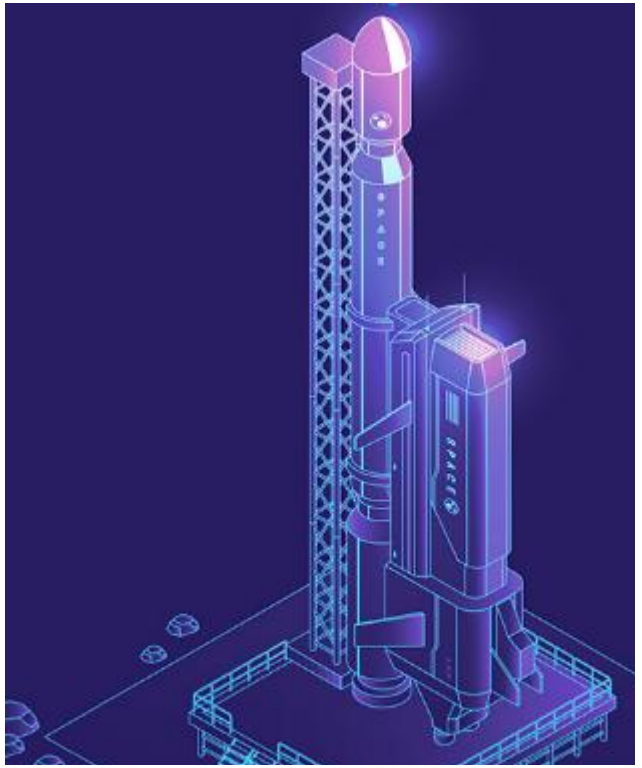
Начните с 1-2 первоначальных вариантов использования, которые генерируют данные и создают раннюю ценность.

ШАГ 3: НАРАСТИТЬ ВОЗМОЖНОСТИ (МАСШТАБИРОВАНИЕ)

От Отчета к Прогнозу

Здесь происходит магия. Базовый Двойник (Уровень 1-2) превращается в продвинутый (Уровень 3-4).

- Добавляются новые слои данных (финансы, погода, поставщики).
- Подключаются ИИ и Продвинутая Аналитика.
- Двойник переходит от...
- **Представления:** "Вот что происходит"
- **К Симуляции:** "Вот что **случится**, если..."
- **К Предписанию:** "Вот что вы **должны сделать**"



НЕОБХОДИМЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ СТАРТА



Цифровая Зрелость

Наличие поддерживающих инфраструктур (PLM, PDM) и доступа к качественным данным (тестирование, эксплуатация).



Правильный Use Case

Хорошие кандидаты — сложные, динамичные среды, которые выигрывают от оптимизации в реальном времени.



Нужные Навыки

Инженеры данных, специалисты по Data Science, специалисты по физическому моделированию и продвинутой аналитике.

ГЛАВНЫЕ БАРЬЕРЫ НА ПУТИ

Технические / Финансовые

- **Высокие первоначальные инвестиции** (McKinsey).
- **Нехватка навыков** (McKinsey) — высокий барьер.
- Сложность интеграции разрозненных источников данных.
- Отсутствие общепринятых **стандартов** (MDPI).

Барьеры Специфичные для E&C (MDPI)

- **Консервативная культура** и неприятие риска ("не хотят быть подопытными кроликами").
- **Высокая фрагментированность** отрасли.
- Практики, ориентированные на **проект**, а не на **продукт**.
- Неформальные процессы и опора на опыт отдельных людей.



ВОПРОСЫ ДЛЯ ВАШЕГО "ЧЕРТЕЖА"



8 ключевых вопросов, которые нужно задать перед стартом:

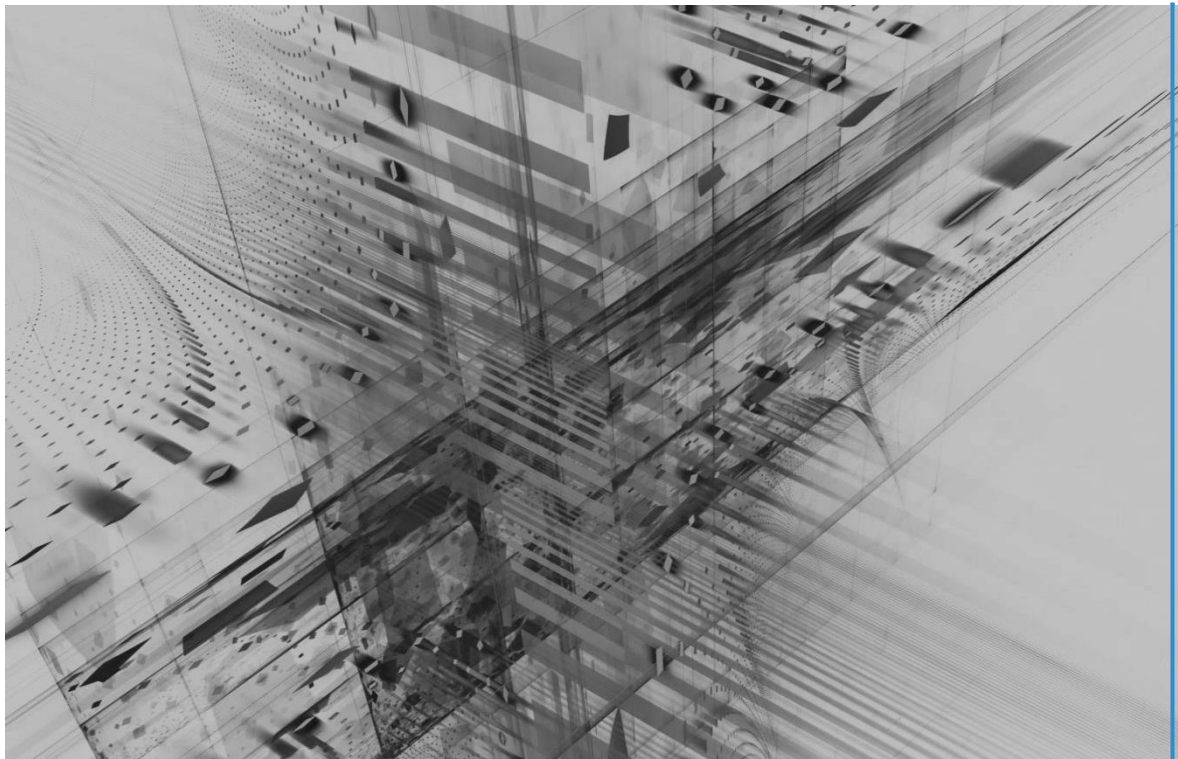
- Какую бизнес-ценность мы создаем?
- Какой ДТ (архетип) нам нужен?
- Каков наш целевой уровень зрелости?
- Какие данные нам нужны и где их взять?
- Какая технологическая платформа нам нужна?
- Какая операционная модель (кто владеет)?
- Как мы будем управлять талантами (нанять/обучить)?
- Какова дорожная карта и MVP?

КЛЮЧЕВЫЕ ВЫВОДЫ

- **ДТ — это не BIM-модель.** Это "живая" система, требующая двустороннего потока данных в реальном времени.
- **Ценность в E&C — в Эксплуатации.** Из-за долгого срока службы активов, главная выгода — в предиктивном обслуживании, а не только в проектировании.
- **Начните с Бизнес-Проблемы.** Не "давайте сделаем ДТ", а "давайте сократим простои оборудования на 20%".
- **Начните с малого (MVP).** Не нужны идеальные данные, чтобы начать. Создайте базовый ДТ за 3-6 месяцев и докажите его ценность.



BIM-ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ



Степанов Вадим Валерьевич –