

09 июня 2026

Производство будущего: от данных к цифровому двойнику

Цифровая трансформация производства сегодня становится практической необходимостью. Рост себестоимости продукции, дефицит ресурсов, усложнение технологических процессов и усиление конкуренции заставляют компании искать более эффективные способы управления с помощью современных технологий. Одновременно повышаются требования к качеству, безопасности и стабильности производства. В таких условиях традиционные планово-предупредительные подходы к управлению уже не всегда позволяют быстро реагировать на изменения и принимать обоснованные решения.

Новую промышленную реальность уже сложно представить без цифровых двойников предприятия. Они дают компаниям облегчённый способ наблюдать за производством, прогнозировать последствия решений и находить возможности для улучшения. Подробнее о технологии рассказала руководитель направления анализа данных компании «ДАР» Екатерина Торсукова.

Что такое цифровой двойник

Цифровой двойник — это виртуальная модель производственного процесса или даже целого предприятия, которая строится на основе реальных данных и отражает его состояние, работу и изменения практически в реальном времени. В отличие от статической отчётности, цифровой двойник не только



показывает, что уже произошло, но и постоянно обновляется за счёт потока данных и позволяет наблюдать за производством как за живой системой.

В основе цифрового двойника всегда лежат данные: показания датчиков оборудования, данные с камер видеонаблюдения, параметры технологических процессов, сведения из производственных систем, информация о простоях, ремонтах, загрузке смен, качестве сырья и готовой продукции. Именно эти данные связывают виртуальную модель с реальным объектом и делают её полезной для управления.

От обычной аналитической системы цифровой двойник отличается глубиной и прикладной ценностью. Стандартная аналитика позволяет ответить на вопросы: «что произошло» или «почему это произошло». Цифровой двойник идёт дальше: он помогает понять, что происходит сейчас, что будет, если изменить параметр, и как это решение повлияет на производство.

Цифрового двойника можно создать на разных уровнях:

- отдельное оборудование — насос, печь, упаковочная машина или компрессор;
- производственная линия — розлив, фасовка, сборка, переработка;
- цех — весь участок производства с учётом связей между оборудованием и персоналом;
- весь завод — комплексная модель предприятия, объединяющая производство, энергетику, логистику и обслуживание.

Чем больше данных доступно, тем точнее цифровой двойник. Если на уровне оборудования используют в основном телеметрию и датчики, то на уровне цеха и завода дополнительно подключают производственные планы, данные ТОиР, складские остатки, лабораторные результаты и сменные графики.

Главное преимущество цифрового двойника — возможность наблюдать за производством в реальном времени. Поток данных с датчиков и систем управления постоянно обновляет модель, и на экране можно увидеть, как

меняется загрузка, где возникает отклонение, какое оборудование выходит за допустимые пределы и как это влияет на выпуск продукции. Это позволяет фиксировать отклонения и быстрее принимать решения — до того, как проблема перерастёт в простой, брак или аварию.

На каких данных строится цифровой двойник

Качественные и регулярно обновляемые данные делают виртуальную модель рабочим инструментом, который отражает реальное состояние производства.

- Данные с датчиков оборудования

Это показатели температуры, давления, вибрации, скорости, расхода, уровня загрузки и других параметров, которые позволяют отслеживать работу машин и агрегатов в режиме почти реального времени. Эти данные выстраиваются в графовые структуры для возможности анализа взаимосвязей. Они особенно важны для выявления отклонений и предаварийных состояний, а также снижения простоев.

- Данные с камер видеонаблюдения

Они помогают анализировать движение персонала и техники, контролировать соблюдение технологических процессов, фиксировать нештатные ситуации, а также оценивать фактическую загрузку производственных зон и оборудования. В ряде случаев видеоаналитика позволяет выявлять узкие места, которые не видны в обычных производственных отчётах.

- Операционные данные производственных систем

Это сведения о выпуске продукции, загрузке линий, времени запуска и остановки оборудования, последовательности операций, простоях и

производственных планах. Именно эти данные позволяют связать технические показатели с фактическим производственным результатом.

- Данные ТОиР

Они показывают, когда и какое оборудование обслуживалось, какие были неисправности, как часто возникали поломки и какие узлы требуют повышенного внимания. Эти данные помогают цифровому двойнику не только анализировать текущее состояние оборудования, но и прогнозировать риск отказов.

- Лабораторные данные сырья и готовой продукции

Позволяют учитывать качество входящего сырья, параметры промежуточной обработки и характеристики конечного продукта. Это особенно важно в отраслях, где качество напрямую зависит от соблюдения технологических режимов.

- Данные о загрузке персонала

Они помогают учитывать человеческий фактор: кто именно работал на смене, как распределялась нагрузка, как менялась производительность в зависимости от состава бригады и времени суток.

Как качество данных влияет на успех проекта

Ценность цифровых двойников строится на надёжности данных, которые они анализируют. Если они неполные, несогласованные или поступают с большими задержками, модель начинает искажать реальность. В результате решения, основанные на таком двойнике, могут быть неточными или даже ошибочными.

Качество данных определяет точность выводов:

- корректны ли показания датчиков;
- нет ли пропусков и дублей;
- согласованы ли временные метки между разными системами;
- можно ли связать событие на линии с изменением качества продукции или простоем.

Полнота данных определяет глубину анализа. Чем больше связанных источников подключено, тем точнее цифровой двойник отражает производственный процесс и тем больше сценариев можно смоделировать. Если часть данных отсутствует, модель видит только фрагмент картины и теряет способность к полноценному прогнозированию.

Поэтому успех проекта цифрового двойника напрямую зависит от того, насколько хорошо выстроены сбор, очистка, синхронизация и хранение данных.

От данных к модели: как строится цифровой двойник

Превращение разрозненных производственных данных в работающую модель — это последовательный процесс, в котором информация из разных источников проходит путь от сырого массива до виртуальной копии реального процесса.

Первый этап — сбор и интеграция данных. На предприятии данные обычно хранятся в разных системах: датчики оборудования передают телеметрию, производственные системы фиксируют выпуск и простои, лаборатории хранят результаты анализа сырья и продукции, а системы ТОиР содержат информацию о ремонтах и обслуживании. По отдельности эти данные дают лишь частичную картину. Чтобы увидеть производство целиком, их необходимо собрать в единую среду и связать между собой по времени,

объектам, сменам и технологическим этапам.

Второй этап — очистка, нормализация и обогащение данных. Данные приводят к единому виду, синхронизируют временные метки, устраняют ошибки и, при необходимости, дополняют внешними или расчётными признаками. Например, можно добавить производные показатели, средние значения за смену, отклонения от нормы или индексы загрузки.

Третий этап — глубокая аналитическая проработка и выделение ключевых параметров и зависимостей. На этом шаге аналитик и дата-сайентист определяют, какие признаки действительно влияют на результат. Для одного процесса это может быть температура и давление, для другого — скорость линии, влажность сырья или длительность простоя. Задача состоит в том, чтобы собрать как можно больше данных, понять, какие параметры объясняют поведение системы и какие связи между ними наиболее значимы. Именно на этом этапе благодаря ценным инсайтам в данных замечают узкие места, критические точки и устойчивые закономерности и оптимизируют процессы.

Четвёртый этап — создание математической или модели машинного обучения. В зависимости от задачи можно применять разные технологии и методы. В простых сценариях используют математические формулы и статистические зависимости, особенно в системах, где физические процессы давно получили объяснение. В более сложных — машинное обучение, которое позволяет учитывать нелинейные связи и находить скрытые паттерны в больших массивах данных.

Финальный этап — формирование виртуальной копии производственного процесса, то есть цифрового двойника. Он уже не является набором таблиц или графиков. Это живая модель, которая отражает текущее состояние производства, показывает отклонения, прогнозирует последствия изменений и помогает принимать решения. Такой двойник можно использовать для сценарного моделирования: что произойдёт, если изменить режим работы

оборудования, сократить смену, изменить качество сырья или перенастроить технологическую линию.

Преимущества для бизнеса

Одно из главных преимуществ цифрового двойника — снижение производственных затрат. За счёт анализа данных и моделирования сценариев предприятие может находить неэффективные режимы работы, перерасход сырья, избыточное потребление энергии и другие скрытые источники потерь. Это позволяет оптимизировать ресурсы без ухудшения качества продукции.

Цифровой двойник помогает увидеть, как именно работает каждый узел, где возникают отклонения, какие параметры влияют на производительность и как можно улучшить загрузку оборудования. В результате техника используется более рационально, а отдача от имеющихся мощностей растёт.

Ещё один существенный эффект — сокращение простоев. Благодаря постоянному анализу данных можно заранее обнаруживать признаки неисправностей, прогнозировать риски отказов и планировать обслуживание до того, как оборудование остановится. Для производства это означает меньше незапланированных перерывов и более стабильный выпуск.

На основе данных, расчётов и моделирования управленцы могут принимать решения быстрее и без долгих согласований. Особенно специалисты это ценят в тех вопросах, где ошибка может привести к существенным финансовым потерям.

Кроме того, цифровой двойник даёт возможность тестировать изменения без риска для реального производства. Можно проверять новые режимы работы, технологические параметры, графики смен или сценарии модернизации оборудования в виртуальной среде.

Цифровой двойник как вершина цифровой трансформации

Цифровой двойник действительно выглядит как логичный следующий этап цифровой трансформации производства. Он позволяет перейти от анализа уже произошедшего к управлению будущими сценариями, моделировать последствия решений и повышать эффективность бизнеса на основе данных. В зрелой промышленной среде это мощный инструмент, который даёт конкурентное преимущество тем, кто внедряет его раньше других.

Однако в текущих реалиях России говорить о массовом и быстром внедрении цифровых двойников пока преждевременно. Во многих компаниях база для такого решения ещё не сформирована: производственные данные собираются фрагментарно, системы учёта разрознены, качество данных нестабильно, а цифровая зрелость предприятий остаётся низкой. В таких условиях цифровой двойник не может стать первым шагом — он скорее становится вершиной пирамиды, которая пока ещё не построена.

Основная проблема в том, что предприятия часто хотят сразу получить сложный результат, не пройдя путь базовой цифровизации. Но цифровой двойник невозможно создать «с нуля» без надёжной архитектуры данных, нормального учёта, прозрачных процессов и понимания, какие именно бизнес-задачи он должен решать. Если на предприятии нет системного подхода к сбору, хранению и качеству данных, а также понимания, что цифровизация требует изменений и во внутренних процессах, цифровой двойник превращается в дорогую и малоэффективную витрину, которая быстро деградирует.

Поэтому многим российским производствам сегодня лучше сначала пройти базовые этапы: навести порядок в данных и наладить работу с ними, выстроить единые справочники, автоматизировать учёт, описать процессы и определить измеримые KPI.