

# Цифровой двойник (Digital twin)

Синонимы: Цифровой близнец

Разделы: [Бизнес-задачи](#)

**Цифровой двойник** — это виртуальная копия физического объекта, процесса или системы. Она создается на основе данных, полученных на стадиях разработки и изготовления продукта, или данных о текущем состоянии уже работающего процесса, а также позволяет в режиме реального времени отслеживать и прогнозировать поведение объекта, оптимизировать его работу.

В научной литературе можно встретить различное объяснение термина. Например, как технология цифровой двойник представляет собой отдельный набор методов, используемых для создания виртуальной копии физического объекта.

Как правило, выделяют несколько видов цифровых двойников:

- **Цифровой двойник — прототип** (Digital Twin Prototype, DTP). Содержит всю информацию об объекте или бизнес-процессе, необходимую для его создания (начиная с этапа проектирования и заканчивая производством). Включает данные о требованиях к изделию, по эксплуатации и обслуживанию, 3D модели объектов, описание технологических процессов, условия утилизации, спецификации.
- **Цифровой двойник — экземпляр** (Digital Twin Instance, DTI). Это копия конкретного экземпляра продукта после его изготовления, с которым она будет связана на протяжении всего жизненного цикла изделия. Включает информацию о материалах и компонентах, рабочих процессах, результаты тестов, записи о проведенных ремонтных работах, операционные данные от датчиков, параметры мониторинга и многое другое. Экземпляр цифрового двойника обеспечивает возможность отслеживать и анализировать работу физического объекта в реальном времени.
- **Агрегированный двойник** (Digital Twin Aggregate, DTA) — система, объединяющая все цифровые двойники и их реальные прототипы. Она позволяет собирать данные со всех источников и обмениваться ими в режиме реального времени. Благодаря этому можно получить полное представление о состоянии объекта и его окружающей среды, принимать обоснованные решения и оптимизировать работу системы.
- **Интеллектуальный двойник** (Intelligent Twin) — это архитектура, которая использует облачные сервисы и искусственный интеллект для обновления бизнес-процессов предприятий. Она создает открытую систему, способную воспринимать и анализировать данные со всех уровней, что приводит к постоянному улучшению системы.

С практической точки зрения выделяют следующие типы цифровых двойников:

- **Цифровой двойник объекта** — на этапе проектирования продукта учитывается огромное количество его характеристик и ограничений, можно проводить виртуальные испытания, вносить необходимые изменения в конструкцию без изготовления реальных прототипов.
- **Цифровой двойник процесса** моделирует реальные бизнес-процессы, разные режимы работы и конфигурации оборудования для оптимизации производства. Наглядно показывает актуальное состояние оборудования, а также позволяет накапливать и обрабатывать данные, поступающие с датчиков, для предсказания дальнейшего состояния процесса.
- **Цифровой двойник систем** — это виртуальная модель, описывающая работу отдельных производств или целых предприятий. Она включает большое количество данных, необходимых для имитации поведения сложной системы и управления ими. При этом цифровой двойник может быть построен как для уже существующего предприятия в целях оптимизации его бизнес-процессов, так и для проектирования новых.

Цифровые двойники работают в «**среде цифровых двойников**» (Digital Twin Environment, DTE) — интегрированном пространстве, предназначенном для работы с виртуальными копиями в различных целях, например, для предсказания будущего поведения и производительности физического объекта или запроса текущего состояния.

Универсальных методов построения цифровых двойников, подробных стандартов и типовых решений не существует, но есть общие рекомендации.

**Этап 1.** Построение виртуальной модели продукта или бизнес-процесса, которая состоит из трех уровней:

- уровень компонентов — геометрическая и физическая модели объекта;
- уровень поведения — анализ продукта и взаимодействия с пользователем;
- уровень правил — оценка, оптимизация и прогностические модели, основанные на правилах взаимодействия с продуктом.

**Этап 2.** Обработка данных для облегчения принятия решений по проектированию (иногда при помощи искусственного интеллекта — Artificial Intelligence, AI). На этом этапе данные, собранные из различных источников, подвергаются анализу, объединению и визуализации для более полного представления.

**Этап 3.** Моделирование поведения продукта в виртуальной среде с помощью технологий имитационного моделирования с последующей визуализацией в среде виртуальной реальности (Virtual Reality, VR). Наглядность позволяет специалистам из разных областей знаний принимать эффективные решения в процессе коллективного обсуждения.

**Этап 4.** Управление продуктом или процессом для реализации рекомендуемого поведения. Датчики выполняют функцию по восприятию информации физического мира, а исполнительные механизмы позволяют вносить желаемые изменения, запрошенные цифровым двойником. Технологии дополненной реальности (Augmented Reality, AR) могут быть использованы для отображения некоторых частей виртуального продукта в физическом мире, например, для просмотра состояния отдельных параметров продукта в реальном времени.

**Этап 5.** Установка двустороннего и безопасного соединения между физическим и виртуальным продуктами в режиме реального времени. Для решения этой задачи используют облачные вычисления и хранение данных на удаленных серверах.

**Этап 6.** Сбор информации, связанной с продукцией или услугами, из различных источников (комментарии клиентов, записи о просмотре/загрузке и т.д.), сведения об окружающей среде, интерактивные данные о взаимодействии и т.п. Собранные материалы отправляются на первый этап для внесения изменений в виртуальный продукт с целью его дальнейшего улучшения.

Таким образом ключевая задача цифрового двойника — делать сложные бизнес-процессы или объекты более управляемыми, без физического вмешательства в их работу. Он предоставляет возможность моделирования, анализа различных сценариев и вариантов использования, что помогает бизнес-аналитикам прогнозировать события, быстро находить ошибки, принимать более обоснованные решения. Используя искусственный интеллект, Интернет вещей и Data Mining, цифровые двойники предоставляют данные для обучения и улучшения алгоритмов машинного обучения, следовательно, оптимизации работы системы.