

Цифровые двойники

Цифровой двойник (или «цифровой близнец», если буквально переводить английское словосочетание digital twin) — это виртуальный аналог реального объекта, компьютерная модель, которая в своих ключевых характеристиках дублирует его и способна воспроизводить его состояния при разных условиях. По сути, это набор математических формул, описывающих сам объект и протекающие в нем процессы.

Впервые концепцию цифрового двойника описал в 2002 году Майкл Гривс, профессор Мичиганского университета. В своей книге «Происхождение цифровых двойников» он разложил их на три основные части:

- Физический продукт в реальном пространстве.
Виртуальный продукт в виртуальном пространстве.
Данные и информация, которые объединяют виртуальный и физический продукт.
- По мнению Гривса, «в идеальных условиях вся информация, которую можно получить от изделия, может быть получена от его цифрового двойника».

Цифровой двойник — это виртуальная модель реального объекта, повторяющая его ключевые характеристики и состояния при разных условиях эксплуатации.

Как это ни странно, цифровой двойник может появиться даже раньше своего оригинала: виртуальную модель могут создать еще на этапе проектирования объекта (здания, машины, установки), чтобы протестировать его работу в разных условиях и режимах и скорректировать проект, если будут обнаружены недочеты. Но затем, когда объект уже построен, такая модель требует постоянного обновления, для того чтобы соответствовать его актуальному состоянию.

Цифровые двойники называют киберфизическими системами. Программные компоненты и физические процессы в них тесно связаны и влияют друг на друга.

И здесь не обойтись без интернета вещей — множества датчиков, которые собирают информацию о работе оборудования, — а также без технологий машинного обучения, которые помогают предсказать, как будет вести себя система в тех или иных обстоятельствах. Это особенно актуально, когда цифровой двойник создается для уже существующего объекта, например производственной установки, действующего технологического оборудования, установленного на заводе. Досконально описать все процессы формулами — чрезвычайно сложная задача. Но, имея большой объем данных о работе установки за определенный период времени, проще выявить закономерности в ее работе при помощи нейросети.

В самой идее цифрового двойника в промышленности нет ничего нового: расчеты и модели того, как будет вести себя какая-нибудь конструкция, установка на заводе или реактор, делались и раньше. Но лишь недавно появились достаточные вычислительные мощности, чтобы проводить такие расчеты в реальном времени, а также возможности для постоянного обновления моделей на основе данных, получаемых с реальных объектов.

Зачем нужны цифровые двойники

Цифровой двойник нужен, чтобы смоделировать, что будет происходить с оригиналом в тех или иных условиях. Это помогает, во-первых, сэкономить время и средства (например,

если речь идет о сложном и дорогостоящем оборудовании), а во-вторых — избежать вреда для людей и окружающей среды.

Некоторые считают, что скоро цифровые двойники будут создаваться для всего, в том числе и для людей. На самом деле в той или иной мере это уже происходит: например, профиль в социальных сетях характеризует круг общения человека, история поисковых запросов — его интересы, а кредитная история — финансовую состоятельность. И эту информацию используют те, кто хочет предсказать наше поведение, — работодатели, спецслужбы, банки, продавцы товаров и услуг. Возможно, уже в недалеком будущем развитие систем медицинского мониторинга позволит предупреждать о приближении болезни задолго до появления явных симптомов.

Что же касается промышленных объектов, их цифровые двойники позволяют выбирать наиболее оптимальные режимы работы, ставить виртуальные эксперименты, которые в реальности могут быть сопряжены с риском повредить оборудование. Данные, которые собирают с датчиков на объекте, а также информация о ранее проведенном обслуживании, позволяют установить степень износа и вероятность выхода из строя узлов, а значит, сократить расходы на профилактику и ремонт. Если тот или иной параметр отклоняется от нормы, цифровой двойник проинформирует ответственных сотрудников, которые отреагируют и примут меры.



Те же подходы и технологии дают возможность создавать информационные копии не только отдельных машин или установок, но целых цехов, заводов, цифровые двойники предприятий со всеми производственными и логистическими процессами. Такие модели позволят найти узкие места, которые проявят себя лишь через несколько лет работы, и сделать необходимую тонкую настройку.

Для объектов, находящихся в труднодоступных или удаленных местах цифровые двойники — многообещающая технология, ведь предсказать срок своевременного ремонта такого объекта, или замену определенного оборудования или узла часто бывает очень важно и позволяет экономить значительные материальные и финансовые средства, уменьшить эксплуатационные риски. Создание цифрового завода позволяет сократить эксплуатационные издержки, увеличить объемы производства.

Виртуальная копия установки должна заключать в себе максимально полную информацию о каждом ее элементе: характеристики деталей и узлов, инженерных систем, средств автоматизации, их сроки службы, периоды обслуживания и т. д. Кроме того, двойник должен содержать детальное описание физико-технических и физико-химических процессов, процессов потребления и выработки энергии, параметры входного сырья и продуктов производства.



Какими бывают цифровые двойники

- прототип (DTP) — представляет собой виртуальный аналог реального объекта, который содержит все данные для производства оригинала;
- экземпляр (DTI) — содержит данные обо всех характеристиках и эксплуатации физического объекта, включая трехмерную модель, и действует параллельно с оригиналом;
- агрегированный двойник (DTA) — вычислительная система из цифровых двойников и реальных объектов, которыми можно управлять из единого центра и обмениваться данными внутри.

Оптимальной погрешностью между работой цифрового двойника и его физического прототипа считают 5%.

Какие задачи решают цифровые двойники

1. Провести тестовый запуск процесса или производственной цепочки быстро и без существенных вложений.
2. Обнаружить проблему или уязвимость до того, как будет запущено производство или объект поступит в эксплуатацию.
3. Повысить эффективность процессов или систем, отследив все сбои еще до старта. Снизить риски — в том числе финансовые, а также связанные с безопасностью для жизни и здоровья персонала.
4. Повысить конкурентоспособность и прибыльность бизнеса.
5. Строить долгосрочные прогнозы и планировать развитие компании или продукта на годы вперед.
6. Повысить лояльность клиентов за счет точного прогнозирования спроса и потребительских качеств продукта.

Цифровые двойники применяются:

- ~ при добыче и переработке полезных ископаемых (двойники помогают снизить риски для жизни и здоровья сотрудников при добыче и переработке нефти и газа, избежать ущерба для окружающей среды, а также сэкономить огромные суммы).

- ~ в крупных производствах: технология цифровых двойников позволяет создавать отдельные детали и воспроизводить целые производственные цепочки, проводя виртуальные испытания и предупреждая сбои в работе оборудования.
- ~ в энергетике ЦД применяют, чтобы оптимизировать работу электростанций, избежать сбоев в подаче электричества и рационально подойти к энергопотреблению.
- ~ в ИТ-инфраструктуре – можно смоделировать как отдельное устройство или сервис, так и целую сеть, рассчитав предельные нагрузки и продумав защиту от киберугроз.
- ~ в строительстве с помощью цифровых двойников можно построить модель будущего здания или целого квартала и спрогнозировать, как оно впишется в среду, выдержит климатические условия и нагрузки на несущие конструкции.

Как выглядит процесс создания цифрового двойника

Двойники можно создавать разными способами:

- ✓ графическая 3D-модель;
- ✓ модель на базе интернета вещей;
- ✓ интегрированные математические модели — такие как CAE-системы (Computer-aided engineering, решения для инженерного анализа, расчетов и симуляций) для инженерных расчетов;
- ✓ различные технологии визуализации — включая голограммы, AR и VR.

Этапы создания двойника выглядят следующим образом.

Исследование объекта

Этот этап предшествует разработке только в том случае, если у цифрового двойника есть реальный прототип — например, работающее предприятие или система коммуникаций. Тогда разработчики составляют детальную карту прототипа, воспроизводят все процессы и характеристики. При этом важно изучить объект в разных условиях.

Моделирование цифровой копии объекта

Этот этап может быть первым, если реального прототипа еще нет и создание цифрового двойника ему предшествует. Например, в строительстве или дизайне, когда вначале создается цифровая 3D-модель, а уже потом — оригинал здания или другого объекта.

Для построения комплексной модели используются математические методы вычисления и анализа:

Метод конечных элементов (FEA — Finite ['faɪnənt] Element Analysis), позволяющий рассчитать эксплуатационную нагрузку. Его применяют, допустим, для расчета механики деформируемого твердого тела, теплообмена, гидродинамики и электродинамики.

FMEA-модели (Failure ['feɪlə] Mode and Effects Analysis, анализ видов и последствий отказов) необходимы для анализа надежности систем и выявления наиболее критических шагов производственных процессов.

CAD-модели (computer-aided design/drafting, средства автоматизированного проектирования) используются, чтобы рассчитать внешние характеристики и структуру объектов, материалов и процессов.

Воплощение модели

Затем рассчитанную ранее архитектуру цифрового двойника переносят на специальные платформы — такие как Siemens или Dassault Systemes. Они объединяют математические модели, данные и интерфейс для управления цифровым двойником, превращая его в динамическую систему. Этот этап можно сравнить с трансформацией программного кода

в программу или приложение с визуальным интерфейсом, который понятен любому пользователю.

Тестирование основных процессов работы на цифровом двойнике

Главная цель этого этапа — спрогнозировать, как будет вести себя объект или система в обычном режиме и при внештатных ситуациях, чтобы избежать поломок и перегрузки после запуска. Для этого к процессу подключают технических аналитиков, которые собирают большой массив данных в ходе испытаний, чтобы просчитать алгоритмы для любых возможных условий и ситуаций.

Запуск и наладка

Если предыдущий этап провели корректно, в процессе работы реального прототипа можно избежать до 90% сбоев и поломок. Однако часть ситуаций все же не удастся спрогнозировать, и тогда их отслеживают уже на этапе запуска и наладки цифрового двойника.

Корректировка и развитие оригинального объекта или системы

Далее инженеры продолжают работать с цифровым двойником как с реальным физическим объектом до тех пор, пока не будут отлажены все системы и процессы. По результатам этой работы в оригинальный объект вносят изменения, чтобы добиться его максимальной эффективности.

Перспективы цифровых двойников

По данным Gartner, 12% компаний, которые используют интернет вещей, также применяют и цифровые двойники, а 62% планируют это сделать. GE Digital в 2019 году называла цифру в 1,2 млн цифровых двойников в мире. По другим прогнозам, в ближайшие пару лет рынок цифровых двойников достигнет \$16 млрд.

В промышленности технология уже сегодня помогает повысить эффективность минимум на 10%, а в нефтяной отрасли — сэкономить от 5% до 20% капитальных вложений. В ближайшие годы крупные компании перейдут к дистанционному мониторингу и управлению целыми производствами и всеми подразделениями через виртуальные системы.

То же самое произойдет и с городами: они обзаведутся цифровыми двойниками, объединяющими все важнейшие системы, районы и объекты городской инфраструктуры. Онлайн-мониторинг будет осуществляться при помощи IoT-датчиков, сканеров и дронов с машинным обучением, а сами виртуальные системы будут размещены в облаке. При этом доступ к двойникам будет и у федеральных властей. Это позволит, в частности, экстренно реагировать на чрезвычайные ситуации и предотвращать их даже в самых отдаленных регионах.

Цифровых двойников можно будет использовать и в повседневной жизни: например, чтобы следить за жизненными показателями или улучшить работу какого-либо устройства. С помощью интернета вещей мы сможем объединить все коммуникации и технику в доме в единую систему и управлять ими с помощью цифрового двойника дома.

Источники

<https://www.gazprom-neft.ru/press-center/sibneft-online/archive/2018-september-projects/1863687/>

<https://trends.rbc.ru/trends/industry/6107e5339a79478125166eeb>