

Цифровые двойники продукции и производства в целом как вершина цифровой трансформации



Денис БАХАЕВ,
менеджер по развитию направления
«Промышленные облачные технологии»,
Siemens Digital Industries Software

Цифровой двойник (ЦД) изделия формируется в процессе его проектирования и включает в себя все его модели и описания. Для повышения конкурентоспособности продукции и быстрой адаптации к требованиям рынка и заказчиков цифровой двойник изделия требует постоянного обновления и улучшения. Одна из важнейших составляющих ЦД – модели, обеспечивающие функциональные требования к изделиям.

Функциональный двойник

Функциональный цифровой двойник изделия объединяет множество его компьютерных моделей. Наиболее важными здесь являются расчетные модели, описывающие функциональные характеристики изделия (сломается / не сломается при



Дмитрий СОКОЛОВ,
эксперт управления «Цифровое
производство», Siemens

эксплуатации, сколько топлива израсходует, как нагреются агрегаты и т. п.). В той или иной степени элементы такого функционального ЦД присутствуют на большинстве предприятий. Например, почти повсеместно выполняются конечно-элементные расчеты для анализа прочности.

Назначение ЦД – анализ технической реализуемости проекта, подтверждение технического задания (ТЗ) на разработку изделия, разработка состава требований и их численное определение, контроль выполнения требований на протяжении всего проекта. Цифровой двойник – это инструмент выполнения виртуальных испытаний (стендовых, полигонных, летных и др.). Он должен использоваться начиная с этапа концептуальной проработки и сопровождать весь процесс разработки,

На сегодняшний день специалисты по-разному определяют термин «цифровой двойник», каждый в этот термин вкладывает свое понятие. Если же попытаться стандартизировать и описать цифровой двойник, стоит выделить несколько типов.

доводки, сертификации и эксплуатации изделия.

Каждое изделие для моделирования его работы требует разных наборов расчетных моделей. Где-то важна топливная экономичность, где-то – акустика, долговечность, аэродинамика. Полноценный ЦД предоставляет разработчику полный набор достоверных расчетных моделей, обеспечивающих:

- моделирование работы изделия во всех сценариях эксплуатации;
- анализ (контроль) всех функциональных требований технического задания.

Выполнение полного комплекса виртуальных испытаний изделия, зеркального по отношению к требуемым натурным испытаниям, включая сертификационные. При этом достоверность моделирования должна обеспечивать оптимизацию программ натурных испытаний (сокращение объема натурных испытаний, в том числе сертификационных, при повышении их эффективности и информативности).

Одна из лидирующих платформ цифровых двойников Siemens предоставляет всеобъемлющий набор интегрированных профессиональных инструментов для создания полноценного ЦД любого изделия. В области виртуального моделирования инструментарий включает в себя следующее.

Инструменты для работы с платформой 3D CAE: трехмерный линейный и нелинейный прочностной анализ, динамический анализ, тепловые расчеты, анализ усталостной долговечности, кинематики, акустики, вибраций, роторной динамики, углубленный анализ конструкций из композиционных материалов, учет микроструктуры материалов, электромагнетизм, топологическая оптимизация, выполнение связанных и междисциплинарных расчетов, в том числе в облачном пространстве.

Все инструменты платформы являются интегрированным комплексом. Задачи с вовлечением нескольких расчетных пакетов могут решаться под управлением системы многодисциплинарной многокритериальной оптимизации. Бесшовная интеграция с CAD- и PLM-инфраструктурами обеспечивает как принципиальное сокращение затрат на разработку моделей, так и интеграцию расчетных работ в контролируемый PLM-процесс разработки

Производственный двойник изделия

Цифровой двойник производства обеспечивает гибкость и помогает уменьшить время выполнения производственных процессов, сократить сроки подготовки производства, проектирования производственных участков и цехов с установленным оборудованием. К такому классу цифровых двойников относят решения имитационного моделирования.

Цифровой двойник производства на основе имитационной модели – динамическая модель системы производства, в которой все протекающие процессы

рассматриваются как взаимосвязь всех элементов производственной системы на каждом уровне вне зависимости от степени их влияния на систему. Отличительной возможностью метода имитационного моделирования является возможность представить существующую производственную систему как совокупность взаимосвязанных производственных элементов, которые, в свою очередь, тоже могут оцениваться как отдельная система, описать модель взаимодействия между всеми элементами, определить влияние внешних факторов.

Проводимые над цифровым двойником исследуемого производства эксперименты в среде имитационного моделирования позволяют детально оценить значения организационно-технических параметров производства: процент загрузки и простоя оборудования; эффективность применения рабочей силы; длительность производственного цикла для выпуска одной единицы продукции, объем незавершенного производства, обнаружение узких мест производства, имеющих или потенциальных к возникновению при изменении объемов и номенклатуры выпускаемой продукции; влияние времени переналадки оборудования, а также времени установки деталей в рабочую область на общий показатель производительности; комплексная оценка процесса формирования себестоимости выпускаемой продукции на всех этапах жизненного цикла изделия; технологическое обоснование предполагаемого к использованию технологического оборудования; использование возможностей для тактического и оперативного планирования на основе получаемой и накопленной многокритериальной информации.

Современный производственный сектор развивается в условиях экономического спада, высокой персонализации выпускаемой продукции, многокритериальной нелинейной конкуренции. В подобных ситуациях любые формы долгосрочного планирования, основанные на косвенных

показателях и расчетах, не обладают достаточной достоверностью как для принятия высокоуровневых проектных решений, тактического планирования, так и для обеспечения высокоэффективного оперативного управления производством на всех уровнях. Решением для развивающихся производств любой сложности независимо от типа выпускаемой продукции стало применение многокритериальных цифровых двойников производств, воссозданных благодаря передовым системам имитационного моделирования, обеспечивающих точность планирования с отклонением менее 1% от реальности. Так, воссозданный в наиболее высокотехнологичной системе имитационного моделирования двойник производства позволяет увеличить общую производительность системы любой сложности за счет логики управления, а не за счет инвестиций в аппаратное обеспечение, создать условия для реализации комплексного подхода к вопросу оценки формирования себестоимости получаемой продукции на каждом этапе производства, тем самым повышая уровень конкурентоспособности предприятия на современном рынке.

Полный двойник

Полный цифровой двойник изделий и производства предприятия (см. рисунок). Такой термин справедлив, когда заказчики подключают изделия, станки и системы автоматизации производства, чтобы извлекать и анализировать данные об их реальной производительности и использовании. Анализ этих данных позволит замкнуть контур обратной связи, соединив реальное производство с цифровыми двойниками изделия и производства, что необходимо для оптимизации изделий, производственных систем и процессов. Использование полного цифрового двойника дает возможность добиться полной прослеживаемости и прозрачности производства и эксплуатации изделия.



Рисунок. Связь цифровых двойников друг с другом

Цифровые двойники давно используются для структурного планирования и проектирования продуктов и оборудования (а также производственных процессов). Благодаря им повышаются гибкость и эффективность выполнения подобных задач, появляется возможность выпускать высококачественные индивидуализированные продукты быстрее и по доступной цене.

Процессы обновления и уязвимости цифровых двойников вместе образуют замкнутый цикл постоянной инновации изделий, оптимизации их производства и обслуживания продукции. В результате именно данные становятся главным стержнем предприятия цифровой эпохи.

Например, компания Grundfos, один из ведущих производителей насосов с объемом производства 16 млн насосных агрегатов в год, столкнулась со сложной ситуацией на рынке: благодаря технологическому прогрессу в проектировании и производстве время выхода на рынок конкурентов с аналогичными продуктами постоянно сокращается, и решающим фактором нередко становится цена. Поэтому Grundfos с помощью компании Siemens решила на основе цифровизации и создания новых услуг

для клиентов дифференцировать себя на рынке и обеспечить стабильный рост доходов. Для этого с помощью цифровых двойников она выстроила «экосистему вовнутрь» и «экосистему вовне». Первая включает компоненты продукта или изделия, а вторая – поставщиков и производителей этих компонентов. В результате Grundfos получает готовые приложения и сервисы на основе платформы промышленного Интернета вещей MindSphere, такие как SIDRIVE IQ. Дополнительно Grundfos и Siemens начали совместное создание приложений MindSphere, позволяющих предсказывать сбои в насосах на основе приводов Siemens.

С приходом цифровых платформ стали возможны непрерывное обновление и совершенствование цифровых двойников на основе данных, собранных в реальных условиях производства и эксплуатации. Эта обратная связь позволяет ускорить разработку новых изделий, оптимизировать производственные процессы, быстро внедрить улучшения в продукцию в следующем производственном цикле или в режиме времени, близком к реальному.

Для получения оптимальных результатов и наиболее точной

работы цифровых моделей важно, чтобы цифровой двойник имел самую высокую степень точности и достоверности. Традиционно это достигается с помощью сквозной интеграции систем на всех этапах жизненного цикла продукта и включения возможностей симуляции и создания мультифизических моделей. Цифровой двойник может быть также инструментом предсказательной аналитики, способной прогнозировать эксплуатационные характеристики продукции и производственных систем. Для этого необходим полный спектр цифровых решений и цифровых двойников. Важной составляющей является именно возможность сквозной прослеживаемости проектирования, изготовления и эксплуатации продукта. Изделия и производственные системы могут постоянно оптимизироваться, по мере того как их цифровые двойники получают информацию о работе продукта или фабрики.

Элементы цифровых двойников интегрированы через цифровые цепочки, которые соединяют данные и интеллектуальные модели на протяжении всего жизненного цикла продукта и производства, чтобы помочь компаниям понять источники проблем и сбоев, а также дать расширенное видение

для более взвешенного и своевременного принятия конструкторских или производственных решений. Синхронизация и обновление цифровых двойников могут длиться в течение всего времени проектирования, изготовления, эксплуатации, обновлений, вплоть до конца срока службы физического оригинала.

Один из заказчиков в России, применяющих цифровые двойники, – ПАО «КамАЗ». Единый производственный комплекс КамАЗа охватывает весь технологический цикл производства грузовых автомобилей – от разработки, изготовления, сборки автотехники и комплектующих до сбыта и сервисного сопровождения. Проект был начат в 2006 г. и отличается систематическим и всеобъемлющим подходом к внедрению технологий управления жизненным циклом изделия (PLM). Благодаря применению этих технологий КамАЗу удалось достичь значимых результатов. Выпуск новых магистральных тягачей КамАЗ-5490 знаменует начало новой эры производства и является наглядным результатом технологического прорыва. Запланирована и осуществляется постепенная замена всего модельного ряда: будут выпускаться современные автомашины, построенные на новых унифицированных платформах с учетом строгих экологических требований. Для их создания широко применяются передовые CAD/CAM/CAE-системы и системы численного моделирования технологических процессов.

Важные дополнения

Весомый фактор для достижения прослеживаемости и интеграции данных – появление и применение таких технологий, как IIoT (промышленный Интернет вещей). Этот класс решений позволяет собирать различные данные как с производственного уровня, так и с конечного изделия. Интеграция этих данных на уровне PDM (Product Data Management) и позволяет достигнуть максимальной прослеживаемости, когда производителю становится полностью



понятно, как производится его продукт и как он используется. Если говорить о российском рынке промышленности, то большинство его резидентов уже приходят к пониманию, что цифровые двойники – нечто большее, чем маркетинговый лозунг и простое 3D-представление предприятия и изделия. Цель внедрения цифровых двойников и сопутствующих технологий – максимально снизить издержки производителей и повысить эффективность производства. Однако для достижения максимального результата нужно подумать о правильном применении таких технологий и этапности их внедрения. Опыт показывает, что подобные задачи не тривиальны, но выполнимы. Западные вендоры уже накопили большой опыт в этом направлении, так как география их заказчиков покрывает большинство стран мира.

Показательный пример – применение цифровых двойников в компании Electrolux. Как и большинство компаний, Electrolux осознает, что цифровой мир движет их рынком. Потребители хотят иметь возможность выйти в Интернет, заказать робот-пылесос, чтобы он прибыл к их порогу в точное время на следующий день. Чтобы удовлетворить запросы потребителей, команда Electrolux понимает, что им необходимо постоянно вводить новшества, улучшать ассортимент своей продукции и повышать качество обслуживания клиентов. Чтобы оставаться лидерами рынка, команде Electrolux необходимо быстро реагировать не только на высокоавтоматизированный производственный процесс, но и на повышение скорости инноваций.

Чтобы добиться в этом успеха, Electrolux все больше рассчитывает на цифровизацию. Цифровая трансформация компании произошла не в одночасье. Более десяти лет назад Siemens и Electrolux начали свое цифровое партнерство, осознав, что Индустрия 4.0 и цифровое производство – это путь к будущему успеху. Четыре года назад команда приступила к внедрению различных видов цифровизации на каждом предприятии. Сегодня практически все предприятия в Северной и Латинской Америке, в Европе и Азиатско-Тихоокеанском регионе имеют цифровую основу, поскольку моделирование – основа любого бизнес-решения. Путь к цифровой истине начался с внедрения платформы обмена данными и привел к появлению высокотехнологичных цифровых фабрик, разработанных с использованием инструментов Tecnomatix.

Результаты внедрения цифровых двойников и построения цифровой экосистемы говорят сами за себя. Время разработки продукции удалось сократить на 20–30%. Реализован модульный цифровой двойник фабрики, позволивший снизить затраты на 15–20% при одновременном повышении качества продукции. Применение подхода Индустрии 4.0 и цифровых двойников позволило сократить цикл разработки продукта и переналадки производства, таким образом уменьшилось время вывода продукта на рынок на 20–30%. Стремление Electrolux к общей цифровой истине – это лишь начало пути к созданию более умных, взаимосвязанных и индивидуальных продуктов и услуг. ■