

# Соединяя “цифровые нити”: цифровые двойники заводов

Beth Stackpole (“Digital Engineering”)

© 2019 Peerless Media, LLC



Цифровой двойник производственной площадки предприятия может способствовать пониманию конструкторами того, как правильно спроектировать изделие, однако для создания замкнутого рабочего процесса – петли обратной связи между производством и конструкторским отделом – требуется проделать определенную работу.

Процесс повсеместной цифровизации производства, который сегодня обычно называют “Индустрия 4.0”, способствует появлению нового промышленного актива, который в перспективе должен “обогатить” будущие изделия. Таким активом становится **цифровой двойник производственной площадки (ЦДПП)**, который может обеспечить инженерам ценное понимание и контекст, что не столь широко доступно при использовании традиционных методов проектирования.

Подобно цифровому двойнику физического изделия, ЦДПП является виртуальным представлением производственного цеха – физических объектов (оборудования) и их поведения (функционирования). Для этого он использует информацию, аккумулированную с помощью датчиков, видеокамер, моделей систем, средств симуляции и дополнительных источников данных, включая корпоративные системы предприятия.

Цифровые двойники заводов неуклонно завоевывают позиции у производителей: исследование компании *Gartner* выявило, что к 2020 году по меньшей мере половина производителей с ежегодным доходом в 5 млрд. долларов и больше намеревается запустить как минимум одну инициативу/программу по созданию цифрового двойника выпускаемого изделия или своего производства.

Производители используют цифровых двойников различными способами. Одним из наиболее частых вариантов является опора на цифрового двойника для обеспечения более экономичного и гибкого способа планирования и ввода в эксплуатацию промышленного оборудования в цехах. Это позволяет оптимизировать последовательности операций и процессы, одновременно определить потенциальные проблемы еще до физического размещения, монтажа и настройки оборудования, а также уменьшить потребность в тонкой настройке после его установки.

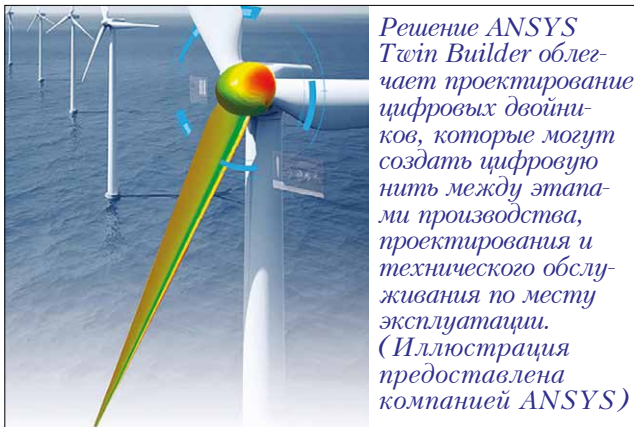


*Цифровой двойник может быть полезен для определения того, каким образом оборудование будет устанавливаться и использоваться на производственной площадке – чтобы можно было заранее виртуально проверить эффективность его работы. (Иллюстрация предоставлена компанией Siemens PLM Software)*

Кроме того, производители видят пользу для себя в сочетании применения цифрового двойника и аналитических данных при мониторинге функционирования производственных площадок. Это позволяет оптимизировать и непрерывно совершенствовать процессы, а также закладывает основу для предиктивного (упреждающего) и профилактического обслуживания, что снизит риск дорогостоящих простоев.

Эти два примера, а также и другие варианты извлечения пользы от применения ЦДПП будут способствовать внедрению и распространению технологии ЦДПП в отрасли; аналитики компании *Gartner* ожидают, что участвующие в их исследовании предприятия к 2022 году утроят объемы использования цифровых двойников.

Помимо очевидных преимуществ для планирования производства и повышения производительности, сторонники цифрового двойника предприятия видят реальную пользу от этой технологии и вне задач собственно производства – особенно для инженеров-конструкторов. Они утверждают, что ЦДПП может служить



*Решение ANSYS Twin Builder облегчает проектирование цифровых двойников, которые могут создать цифровую нить между этапами производства, проектирования и технического обслуживания по месту эксплуатации. (Иллюстрация предоставлена компанией ANSYS)*

связующим звеном между этапами производства и проектирования изделия, обеспечивая основу для более глубокого и своевременного понимания всех производственных ограничений. В целом это будет способствовать разработке более качественных изделий, которые станут более технологичными и соответствующими имеющемуся промышленному оборудованию – которое, в свою очередь, будет менее подвержено рискам поломки и простоя.

## Наследие и пережитки

Несмотря на огромный потенциал ЦДПП, реальность такова, что пока еще слишком рано утверждать, что цифровой двойник предприятия играет какую-то значительную роль, соединяя исторически разделенные подразделения, отвечающие за проектирование изделия и его производство.

Хотя отраслевые эксперты, разработчики инженерного программного обеспечения и поставщики решений для интернета вещей (IoT) подчеркивают важность передачи данных, получаемых на последующих этапах, обратно в конструкторские отделы, существует совсем мало (если есть вообще) полностью готовых к применению предложений, которые обеспечивали бы полномасштабный замкнутый рабочий процесс. Вместо этого производственники стремятся интегрировать ЦДПП в свое существующее программное решение – очень кастомизированное, ориентированное только на инженерные задачи.

“Многие организации желают делать эти вещи, но сегодня еще не могут – потому что слишком многие застряли в каменном веке [когда дело доходит до технологий на производстве]”, – говорит **Dave Duncan**, вице-президент PTC по управлению продуктами. – “Нам следует начать с более простых бизнес-кейсов, которые можно решить. Мы не хотим обременять инженеров необходимостью принятия решений на основе неполной информации, но мы всё же хотим предоставить им больше, чем они имеют сегодня”.

Сценарий “каменного века”, который описал г-н **Duncan**, отражает текущее состояние дел на многих производственных площадках, где по-прежнему преобладает устаревшее оборудование, которое собирает и хранит данные в проприетарных форматах, что затрудняет интеграцию и совместное использование информации. Они работают в проприетарных промышленных сетях без надежной связи со стандартным интернет-протоколом (IP), который является основой ИТ-предприятия.

Число производителей, которые уже модернизировали свое производство, внедрив оснащенное датчиками оборудование, устройства для периферийных вычислений и IP-сети, растет. Но и они сталкиваются с проблемами передачи

данных о цифровом двойнике производственной площадки обратно в конструкторский отдел, где ведется разработка изделий. Последовательные наборы данных, собираемые с промышленного оборудования с поддержкой промышленного интернета вещей (IIoT), представлены не в той форме, которая может быть полезна для среднестатистического инженера-конструктора. Поэтому требуется промежуточная обработка таких данных, чтобы преобразовать и интерпретировать объемные потоки информации для обеспечения правильного понимания – тогда эти данные можно передавать обратно в инженерные/конструкторские решения в надлежащем контексте.

В дополнение к данным, которые снабженное датчиками оборудование генерирует в реальном масштабе времени, существуют и другие неструктурированные источники информации, которые тоже должны стать частью комплекса – включая PDF-файлы с рабочими инструкциями и данные из корпоративных систем, таких как системы управления производством (MES) или планирования ресурсов предприятия (ERP).

“Нам нужно собрать данные и поместить их в контекст, который имеет смысл”, – объясняет **Bruno Demange**, директор по маркетингу и индустрии в *DELMIA Global Industrial Operations*, компания *Dassault Systèmes*. – “Доступ к миллиону точек измерения на каждом станке не поможет. Основная цель – обеспечить возможность анализа больших объемов информации, поступающей с оборудования разных типов, и поместить [результаты] в нужный контекст”.

## Критически важные составляющие

Компания *Dassault Systèmes* уже начала процесс интеграции цифрового двойника производственной площадки и своих конструкторских решений. Разработки приобретенной несколько лет назад компании *Apriso* открыли ей доступ к MES и операционным данным. Кроме того, благодаря партнерству с компанией *OSIsoft*, у нее появилась система для сбора и обработки точных последовательных серий данных из этих и других источников – непосредственно в рамках платформы *3DEXPERIENCE*. Далее к этим данным могут обращаться различные заинтересованные специалисты, включая и инженеров, для которых данные будут представлены в контексте того приложения, с которым им привычно работать.

Критически важным решением для обеспечения эффективности этого метода работы является *EXALEAD* – движок из портфолио *Dassault Systèmes*, предназначенный для поиска и классификации информации. Он обеспечивает сбор и обработку именно тех данных, которые необходимы конкретному пользователю, и представляет их в понятном ему виде. Наряду с этим, возможности машинного обучения служат

в качестве катализатора для прогностической аналитики, управляемой данными, поясняет г-н Demange.

“С помощью этих решений для сбора данных мы можем сделать первый важный шаг в направлении машинного обучения и прогностической аналитики, то есть поместить всю необходимую информацию в платформу *3DEXPERIENCE*”, – говорит он.

Хотя данные в среде *3DEXPERIENCE* технически доступны любому специалисту (включая инженера-конструктора), нельзя сказать, что они бесшовно интегрированы в традиционные инструменты инженера (такие, как *CAD/CAE*-системы), что обеспечило бы широкий диапазон вариантов их использования.

Сегодня конструкторы могут просматривать в рамках *3D*-модели данные, свидетельствующие о неэффективности или проблемах с качеством изделия. К примеру, на основе проанализированных данных, полученных от ЦДПП или “с полей”, система визуально указывает, что конкретная деталь редуктора подвержена отказам. Получив такие сведения, проектировщик может применить их для изменения конструкции, чтобы устранить выявленную проблему в последующих модификациях.

“Мы планируем пойти дальше и задействовать мощь систем *EXALEAD* и *Apriso* в контексте *3D*-модели”, – говорит г-н Demange. – “Начинаем мы с данных о качестве изделия, но планируем расширить возможности, доступные в контексте *3D*-модели изделия, уже в ближайшие месяцы”.

Компания *PTC* для создания цифровой нити между этапами производства и проектирования изделия использует свою *IoT*-платформу *ThingWorx*, решение для промышленного подключения *Keeware*, систему для управления жизненным циклом изделия *Windchill*, а также партнерство с гигантом в мире автоматизации – компанией *Rockwell Automation*. Одним из первых плодов этого партнерства стал набор решений *FactoryTalk Innovation Suite*, который объединяет платформы *Rockwell* для аналитики и управления производственными операциями (*MOM*) с решениями *PTC* – *ThingWorx*, *Keeware* и *Vuforia* (инструменты дополненной реальности – *AR*).

Решение, дающее разным специалистам представление о производственных процессах в соответствии с их конкретной функциональной ролью, не обязательно должно быть ориентировано только на конструкторов – хотя эта группа пользователей, несомненно, может извлечь пользу из дополнительных знаний, особенно в том, что касается методологии анализа видов и последствий отказов (*Failure Mode and Effects Analysis*, *FMEA*), применяемой для выявления наиболее критических шагов производственного процесса при управлении качеством продукции.

“Следующим нашим шагом будет создание связи или моста с системой *Windchill* напрямую”, – говорит г-н Duncan, добавляя, что до конца текущего года *PTC* разработает и представит решение, обеспечивающее петлю обратной связи для закачивания данных о несоответствиях и *FMEA* в среду *Windchill*. В будущем на этот замкнутый цикл рабочих процессов планируется наложить возможности искусственного интеллекта – чтобы видеть картину целиком и получать понимание в таком объеме, который ранее был недостижим.

Еще один игрок рынка *PLM* – компания *Siemens PLM Software* – работает с аналогичным набором “строительных блоков”, чтобы сделать информацию из ЦДПП доступной для сообщества конструкторов в нужном разрезе. Этот набор охватывает весь портфель инструментов для *3D*-проектирования, системного проектирования и симуляции – в дополнение к открытой облачной операционной *IIoT*-системе *MindSphere*, которая связывает оборудование производственных площадок и корпоративные системы, предоставляя доступ к продвинутым аналитическим сервисам.

*Siemens* тоже видит неиспользуемый конструкторами потенциал ЦДПП, который мог бы найти применение в рабочем процессе проектирования изделия. Особенно – в качестве способа подтверждения принятых конструкторских решений, основанных на предположениях, реальной информацией, собранной по крупицам в процессе производства, а также в качестве способа валидации для построения более точных симуляционных моделей. Об этом рассказывал *Gram Chethan*, консультант из мичиганского офиса службы главного технолога *Siemens PLM Software*, занимающегося архитектурой ПО и программными технологиями.

В качестве примера рассмотрим грузоподъемный кран, который должен работать на заводе. Сегодня задачи тестирования такого крана обычно решаются изолированно и результаты интерпретируются вручную, после чего наиболее важная информация передается команде конструкторов – как правило, по усмотрению вовлеченных в процесс участников.

При использовании *IIoT*-платформы *MindSphere*, надлежащем отображении информации с датчиков и, что особенно важно, правильном определении контекста, инженеры смогут превратить свой труд (который, в основном, был ручным и субъективным процессом) в автоматизированный рабочий процесс. Это усилит их возможности глубоким пониманием ключевых моментов – например того, что работа крана в определенных условиях влажности привела к отказу его конкретной детали или узла. Такое понимание позволит проектировщикам при последующих итерациях в ходе разработки изделия правильно изменить конструкцию.



Хотя описательная и технологическая база для всего изложенного выше уже создана, г-н *Chethan* признаёт, что такой процесс еще не готов к реализации, его трудно масштабировать.

“Сегодня это еще действительно сложно сделать, и большинство проектов выполняется как единичные услуги – например, при монтаже трубопроводных систем”, – объясняет он.

Существующие *IIoT*-платформы, такие как у компаний *PTC*, *SAP*, *GE* и других, являются критически важными составляющими для реализации технологии цифрового двойника и замыкания петли обратной связи от этапа производства изделия к этапу его конструирования, отмечает **Manzoor Tiwana**, менеджер компании *ANSYS* по продуктам *Twin Builder*.

Другой ключевой фактор – это цифровой двойник, основанный на физическом объекте, или то, что **ANSYS** описывает как интегрированную междисциплинарную симуляционную модель, которая отражает “жизнь” и функционирование реального изделия. Как поясняет г-н *Tiwana*, их *Twin Builder* облегчает создание таких моделей и уменьшает необходимость интерпретации данных, собираемых датчиками на производственной площадке.

“То, каким является ваше общее видение цифрового двойника для предприятия, и как вы реализуете его с помощью сотрудников и имеющихся процессов, – это и есть недостающий элемент”.

*Manzoor Tiwana*, компания *ANSYS*

“Используя такие данные, инженер-конструктор может значительно улучшить конструкцию изделия, поскольку он будет глубже понимать технологические процессы и обстановку на производстве”, – объясняет г-н *Tiwana*. – “Эти данные могут также помочь выявить причины отказов, о которых прежде даже не задумывались, и дать представление о том, как отклонения при изготовлении компонентов изделия могут повлиять на функционирование конечного продукта”.

Тем не менее, он признаёт, что проблемы с передачей данных обратно в руки конструкторов (и, что еще более важно, обеспечением глубокого понимания) по-прежнему существуют.

“С позиции технологий, всё для этого уже имеется”, – считает г-н *Tiwana*. – “Но то, каким является ваше общее видение цифрового двойника для предприятия, и как вы реализуете его с помощью сотрудников и имеющихся процессов, – это и есть недостающий элемент на данном этапе”.

◆ Новинки технической литературы ◆

**Изучайте проектирование по максимально понятным и практичным методикам!**

Автор книг – Дмитрий Зиновьев, с 2009 года специализируется на обучении проектированию в *Autodesk Inventor*, *SolidWorks* и *КОМПАС-3D*. За это время его командой было выпущено более 20 полноценных обучающих видео-курсов, записаны сотни видео-уроков и статей. По этим материалам прошли обучение и оценили подход и качество материалов уже тысячи инженеров.



- **Легкий старт.** При изучении новой программы всегда возникает вопрос «С чего начать?» Вы получаете толчок в нужном направлении для быстрого освоения этих программ.
- **Быстрый взлет.** Скрупулезная и длительная проработка материала — это правильно, но... подозреваем, что у вас нет на это времени. Поэтому мы будем действовать очень оперативно! И так же быстро получать результаты!
- **Наиболее рациональный путь.** Пользоваться программой можно по-разному. Мы говорим о наиболее рациональном способе.
- **Систематизация.** Если эти программы вам уже знакомы, и вы выполняете в них свои проекты, то наши книги помогут систематизировать ваши знания, восстановив в памяти те, которые пока не используются.



**Заказ книг: [dmpress@gmail.com](mailto:dmpress@gmail.com) или [www.dmk.rf](http://www.dmk.rf)**