



ИНТЕГРАЦИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ОБОРУДОВАНИЯ И ПРОЦЕССА

МИХАИЛ ДУДНИК

Mikhail.Dudnik@Honeywell.com

Цифровые двойники активов помогают предприятиям повысить надежность работы оборудования, сократить время плановых и внеплановых простоев. А цифровые двойники технологических процессов обеспечивают оптимальные параметры их протекания и позволяют вывести производительность на новый уровень. Каких результатов можно добиться, если интегрировать те и другие данные и создать цифровой двойник предприятия, одновременно выступающий виртуальным прототипом и оборудования, и процессов?

УЛУЧШЕНИЯ РАДИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ

Очевидно, что технологические процессы и оборудование, с помощью которого они реализуются, неразрывно связаны. Эта связь проявляется как на этапе запуска производства, так и в процессе эксплуатации.

На протяжении десятилетий инженеры-технологи работали напрямую с производителями оборудования, чтобы получать решения, наиболее полно отвечающие потребностям предприятия в плане

обеспечения скорости и эффективности процессов и требуемого качества продукции. Благодаря этому производители совершенствовали технологическое оборудование, в том числе стремились повысить его энергоэффективность, надежность и долговечность. До какого-то момента это было возможно за счет изменения материалов, конструкции и методов производства.

Однако со временем прогресс достиг некоего потолка, и традиционные подходы уже не позволяли суще-

ственно улучшить характеристики оборудования. Новым прорывом стало появление систем мониторинга состояния оборудования и программного обеспечения, моделирующего процессы, а также призванного усовершенствовать управление этими процессами. В основе подобных систем лежит технология цифровых двойников, которая, по мнению консалтинговой компании Gartner, вошла в десятку ключевых направлений в сфере высоких технологий в 2019 г.

**РИС. 1. ▲**

Диспетчерские пункты на промышленных объектах должны быть оснащены современными консолями и системами визуализации, чтобы соответствовать требованиям к компетентности операторов

РИС. 2. ►

Фотоизображения в высоком разрешении или 3D-модели с эффектом погружения обеспечивают реалистичное представление перерабатывающего завода, а также доступ к оборудованию и динамическим полевым измерениям, связанным с имитационной моделью техпроцесса



ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ КАК ОСНОВА ЭФФЕКТИВНОСТИ

Сегодня персонал, отвечающий за эксплуатацию и техническое обслуживание оборудования, может пользоваться аналитикой больших данных о состоянии активов. Это позволяет перейти от планово-профилактических работ к проактивному подходу, выполняя ремонты «по состоянию» до того, как возникнет неисправность. Такой подход дает

возможность увеличить промежуток между сеансами обслуживания, одновременно повышая надежность работы оборудования. В результате сокращаются расходы на эксплуатацию, а продолжительность плановых и внеплановых остановов снижается.

В основе нового подхода лежат цифровые двойники, то есть виртуальные прототипы оборудования, отражающие то, как должны работать технологические установки при условии полной исправности всех

узлов и механизмов (рис. 1). Сравнивая текущее состояние активов с виртуальным эталоном, можно предвидеть будущие неисправности и действовать на опережение, устраняя проблемы, прежде чем они приведут к поломке.

Одной из первых организаций, внедривших цифровые двойники оборудования, была NASA. В 2002 г. Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства начало использовать эту технологию в сфере ремонта и технического обслуживания ракет. С тех пор этот подход получил широкое распространение в различных отраслях промышленности. К примеру, нефтеперерабатывающие заводы применяют цифровые двойники насосов, компрессоров, теплообменников и другого оборудования.

Не меньшую роль на современных предприятиях играют цифровые двойники процессов (рис. 2). Они создаются на основе проектирования оптимального технологического процесса. Эти модели затем сравнивают с фактическими параметрами процесса в реальном времени, полученными от АСУ ТП или из архивов данных. Та же концепция используется и в случае с системами усовершенствованного управления (англ. Advanced Process Control, APC), когда оптимальные производственные параметры APC-системы сопоставляют с реальными, на которые частично влияет деградация регулятора. Разница между оптимальными параметрами и фактическими — это потенциал возможностей для бизнеса. Практические рекомендации помогают операторам расставлять приоритеты и определять направления, по которым можно улучшить ситуацию, избегать сбоев и нестабильности производства или перерасхода сырья и энергоресурсов (рис. 3). В результате производительность цеха или участка растет и компания может получить дополнительный доход.

ОТ РАЗОБЩЕННОСТИ К ИНТЕГРАЦИИ

Использование цифровых двойников оборудования и процессов дает предприятиям ряд конкурентных преимуществ, однако прогресс в этой сфере тоже имеет свои ограничения. Он связан с тем, что специалисты службы эксплуатации

**РИС. 3. ►**

Новые технологии, включая 360-градусную фотографию в высоком разрешении и модели виртуальной реальности с эффектом погружения, расширяют возможности обучения полевых операторов

и инженеры-технологи недостаточно тесно сотрудничают между собой. В процессе эволюции цифровых систем инструменты, которыми пользуется каждая из этих категорий работников, развивались независимо друг от друга. В результате подразделения действуют разобщенно, каждое из них проводит собственный трудоемкий анализ данных и решает узкие задачи, хотя по идее все службы предприятия заинтересованы в достижении общей цели — роста производительности и прибыли.

Проблема состоит в организации бизнес-процессов на предприятиях, а также в отсутствии объединяющих цифровых решений. Специалисты могут понимать важность и преимущества командной работы, но на практике очень трудно выполнять ручную сортировку источников данных, синхронизировать время их сбора и интерпретацию аномалий, а также вырабатывать общие меры по улучшению ситуации.

Основой для интеграции разрозненных систем могут выступать цифровые двойники активов. На протяжении истории развития промышленности они уже играли подобную роль. Хотя термин «цифровой двойник» появился сравнительно недавно, сами попытки создания моделей технологических установок отнюдь не новы. Производители оборудования разрабатывали их для своих инженерных нужд, иногда подобные задачи решали конечные пользователи или независимые компании. Как правило, эти модели представляли собой вычисления в специализированных программах или простых электронных таблицах.

Сегодня во многих пакетах программного обеспечения для мониторинга и диагностики состояния оборудования цифровой двойник представлен в графической форме. К примеру, на изображении можно увидеть точное положение вала машины с жидкопленочным подшипником и выявить, испытывает ли машина перекос. Для оценки используется положение вращающегося вала в шейках подшипника. Такой цифровой двойник обеспечивает общее понимание различных сил, действующих на вращающийся вал, в том числе сил смазочного масла. В случае машин, имеющих подшипники с роликовым элементом, сигналы от датчиков преобразуются в частотные спектры, которые могут служить первичным

цифровым двойником. Среди прочего двойник представляет элементы подшипника (например, шарики в шариковом подшипнике) и помогает определить как общие силы, так и износ, влияющий на поверхности подшипника. Помимо точности цифрового двойника, на работу оборудования влияют и факторы рабочей среды.

На данный момент цифровые двойники процессов крайне редко интегрируются с цифровыми двойниками оборудования. Как правило, эти методы анализа объединяют только тогда, когда эксперты из разных подразделений пытаются совместно устранить серьезную проблему. К примеру, в случае, когда в результате сбоя в работе центробежного компрессора появляются резкие броски, чреватые повреждением оборудования и простоями производства. Другой пример — возникновение дисбаланса, обусловленного неравномерным загрязнением лопастей или иными проблемами, из-за которых компрессор поглощает жидкости. Зачастую предвестники подобных событий можно идентифицировать на основе данных объединенной экспертной системы. Однако чаще всего интеграция данных о процессах и оборудовании отсутствует, из-за этого на производстве происходят сбои, которые можно было бы предотвратить.

Следующим этапом в развитии цифровых систем должно стать создание эффективного цифрового двойника процесса и оборудования, объединяющего данные из экспертных систем и обеспечивающего автоматическую доставку ключевых уведомлений. Сейчас двойники активов имеют графическую форму, которую человек должен правильно интерпретировать, чтобы

оценить состояние машины. В свою очередь, комбинированный цифровой двойник сможет справиться с этой задачей в автоматическом режиме и обеспечить основу для методов прогнозной аналитики, которые значительно превосходят аналитику, выполняемую исключительно с использованием исторических данных.

При сопоставлении результатов аналитики на базе моделей активов и моделей процессов очень важно обеспечить управление работой моделей. Для автоматизации этого процесса и создания устойчивого решения для аналитики и рекомендаций в реальном времени необходим организующий движок, управляющий всеми вычислениями, симуляцией и логикой выявления проблем.

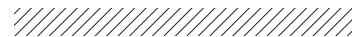
НА ПУТИ К ОБЪЕДИНЕНИЮ

Один из примеров решения для создания единого цифрового двойника — облачный программный пакет для управления производственными показателями Honeywell Forge for Industrial, который интегрирует цифровые двойники оборудования и процессов. Помимо двойников, он объединяет на одной платформе данные от систем усовершенствованного управления, систем управления сигнализациями и других программных сервисов. Анализируя весь массив информации, эта система позволяет в онлайн-режиме оценивать различные производственные и эксплуатационные риски.

В частности, Honeywell UniSim Competency Suite (рис. 4) предназначен для повышения компетентности консольных и полевых операторов в обрабатывающих отраслях



РИС. 4. ◀ Honeywell UniSim Competency Suite для повышения компетентности консольных и полевых операторов в обрабатывающих отраслях промышленности



промышленности через погружение в реалистичные ситуации. Этот программный пакет обеспечивает безопасную учебную среду, в которой тренируемые сотрудники могут перемещаться по виртуальной копии своего завода и на практике отрабатывать необходимые задачи. Honeywell UniSim Design Suite — это интуитивно понятное программное обеспечение для моделирования технологических процессов, которое помогает инженерам создавать статические и динамические модели и используется для проектирования промышленных установок, контроля производственных показателей, поиска и устранения неполадок, планирования деятельности предприятия и управления активами.

Honeywell Forge for Industrial предоставляет рекомендации, которые учитывают самые разные аспекты производства, включая параметры процесса и состояние оборудования. На ряде нефтеперерабатывающих заводов в США, где уже внедрено это решение, прибыль увеличилась на \$9–11 тыс. в сутки.

За счет чего это происходит? К примеру, на нефтеперерабатывающем заводе можно создать цифровой

двойник установки пиролиза, выпускающей этилен. Honeywell Forge for Industrial поможет обеспечить равномерное оседание кокса на внутренней поверхности змеевика печи. Благодаря этому печь не придется останавливать из-за одного закоксованного змеевика, когда остальные змеевики еще находятся в рабочем состоянии. Замедление скорости коксования отдельного змеевика достигается за счет изменения баланса на огневом перегревателе. В результате предприятие продлевает срок работы установки пиролиза между сеансами техобслуживания.

Зачастую Honeywell тестирует разработки на собственных предприятиях. Так, Honeywell Forge Asset Performance Management — один из облачных пакетов, входящих в Honeywell Forge for Industrial, — недавно был запущен на предприятии Honeywell Performance Materials and Technologies в г. Ориндж (штат Техас, США). Пилотный проект превзошел все предварительные оценки по сокращению времени плановых и неплановых простоев, увеличению интервалов между техническим обслуживанием и выявлению неис-

пользованного потенциала производственного оборудования. В результате инвестиции удалось вернуть менее чем за шесть месяцев.

ВЫВОДЫ

Сегодня практически во всех отраслях усиливается конкуренция. И на оффшорных платформах, и на нефтеперерабатывающих заводах, и на горнодобывающих предприятиях, и на целлюлозно-бумажных комбинатах руководство стремится повысить эффективность использования активов. Для этого компании вкладывают значительные средства в программные решения, однако далеко не всегда могут использовать весь потенциал собранных данных.

Повысить качество решений, принимаемых на основе аналитики, можно за счет интеграции информации из разных экспертных систем. Наиболее актуальной сегодня представляется интеграция цифровых двойников оборудования и процесса. Такое объединение открывает новые возможности для повышения производительности и доходности предприятий. ●