

## Круглый стол

### Компоненты Индустрии 4.0: Цифровые двойники (продолжение)

Предлагаем вниманию читателей вторую часть обсуждения темы применения Цифровых двойников в промышленности. В первой части участники высказали свое мнение относительно инновационности концепции Цифрового двойника в свете предыдущего технологического развития, обсудили, в чем состоят отличия и преимущества этой технологии в сравнении с другими цифровыми решениями, предназначенными для управления производственными активами, а также осветили стратегические, технические и другие аспекты реализации данной технологии применительно к промышленному производству.

#### В Круглом столе принимают участие:

**Игорь Егоров**, заместитель генерального конструктора, ОКБ им. А. Люльки, филиал УМПО;

**Владимир Жураховский**, генеральный директор, ГК "ПЛМ Урал";

**Владимир Макаров**, начальник отдела аэродинамики и термодинамики силовых установок, ФГУП "ЦИАМ им. П. И. Баранова" (ЦИАМ);

**Сергей Макеев**, руководитель проекта "Цифровая верфь", АО "Средне-Невский судостроительный завод" (СНСЗ);

**Олег Маковельский**, технический директор по IoT, компания "Фабрика Цифровой Трансформации" (ФЦТ);

**Петр Манин**, технический директор, компания Autodesk в России и СНГ;

**Иван Некрасов**, архитектор программных решений, компания GE Digital;

**Елена Никольская**, руководитель направлений Индустрии 4.0: IoT и AR, компания PTC;

**Андрей Никольский**, руководитель направления PLM, компания "Продуктивные Технологические Системы" (ПТС);

**Наталья Нильсен**, технико-коммерческий консультант, компания Schneider Electric;

**Адриан Парк**, вице-президент по развитию бизнеса среди операторов-владельцев, компания Hexagon PPM;

**Дмитрий Пилипенко**, заместитель генерального директора, директор кластера "Топливо-энергетический комплекс", компания SAP CIS;

**Кирилл Пятунин**, начальник конструкторского отдела систем инженерного анализа, ПАО "ОДК-САТУРН";

**Дмитрий Солонцов**, технический директор, компания "Продуктивные Технологические Системы" (ПТС);

**Олег Степанов**, начальник сектора материальной части судового вооружения и устройств, АО "Северное ПКБ" (СПКБ);

**Александр Тучков**, технический директор, компания "Бюро ЕСГ".

**– Какие существуют потенциальные проблемы и риски при внедрении технологии Цифровых двойников? Как их можно предотвратить?**

**Петр Манин, компания Autodesk.** Один из основных рисков, на мой взгляд, – цифровизация ради цифровизации. Цифровые двойники должны стать реальным инструментом трансформации бизнеса, повышения эффективности и поиска новых рынков для компаний, уберизации и перехода к сервисным моделям. Всегда стоит об этом помнить и хорошо представлять, на что идут инвестиции и что конкретно предполагается получить в итоге.

**Александр Тучков, компания "Бюро ЕСГ".** Рисков, собственно, два. Первый – непонятно зачем все это в большинстве случаев затевается, и второй – все это очень дорого. ЛПР должны очень четко понимать, в какие игры они играют и зачем. Сейчас этого понимания нет – есть пока только модный лозунг.

**Олег Маковельский, компания ФЦТ.** Основными проблемами на отечественном рынке являются крайняя осторожность и недоверие к новым технологиям, жесткие требования по наличию готовых аналоговых кейсов у исполнителя, невозможность выполнить работы силами утвержденных "доверенных" подрядных

организаций. В отношении Цифровых двойников следует отметить недостаточность накопленной статистики работы оборудования, отсутствие данных от производителя оборудования для моделирования Цифровых двойников, а иногда даже и эксплуатационной документации, не говоря уже о конструкторской и других видах технической документации.

**Кирилл Пятунин, “ОДК-САТУРН”.** На первоначальном этапе создание “полномасштабных” Цифровых двойников будет сопряжено со значительными издержками, а не каждое предприятие готово вкладывать средства без уверенности, что инвестиции окупятся. И только когда бизнес-процессы предприятия будут изменены и готовы для работы в цифровом формате, данный подход покажет свою эффективность. Также всегда остаются проблемы, связанные с сопротивлением на местах и нехваткой квалифицированных кадров на предприятии, понимающих цели и задачи происходящих изменений и готовых работать с Цифровыми двойниками. Кроме того, в России пока еще существует определенное отставание нормативной базы от темпов развития предприятий в части цифровизации, что также является проблемой.

**Елена Никольская, компания РТС.** В связи с широтой применения технологии Цифрового двойника предприятия в первую очередь сталкиваются с трудностями при формулировании задач к проекту, определении планируемых целей и приобретаемых выгод, что тормозит внедрение проекта на начальном этапе. К проблемам внедрения данной технологии можно также отнести:

- ▶ завышенные ожидания, которые, в большинстве случаев не оправдываются;
- ▶ невозможность средствами существующих информационных систем обеспечить необходимую полноту и достоверность данных;
- ▶ неизбежность высоких затрат на адаптацию системы к новым условиям при создании предприятием собственных программных разработок или доработок непрофильного программного обеспечения, попадание проекта в зависимость от группы разработчиков.

Компания РТС разработала специальную программу для предприятий, основная миссия которой – обеспечить успешность внедрения цифровых технологий. В рамках данной программы на основе опыта промышленных предприятий и проработанных бизнес-кейсов предусмотрено исследование текущего состояния предприятия, разработка совместно с рабочей группой сотрудников предприятия стратегии применения цифровых технологий, создание индивидуальной дорожной карты проекта, определение экономических показателей для каждого этапа внедрения, обучение, практические семинары. Использование специализированных платформ позволяет обеспечить автоматизированный сбор данных, возможность для ИТ-подразделений гибко настраивать систему, формировать вспомогательный функционал (права доступа, защита данных, контроль изменений, логирование).

**Сергей Макеев, СНСЗ.** Основное препятствие при внедрении этой технологии мы видим в том, что не все

технологи и работники цеха, особенно люди старшего возраста, окажутся способными успешно применять цифровые устройства и сервисы, создаваемые в виртуальном рабочем пространстве. Но число таких людей будет постепенно уменьшаться в силу естественных причин. Избежать такого риска можно за счет осторожного внедрения, когда параллельно будет продолжаться действовать привычная бумажная технология.

**Владимир Макаров, ЦИАМ.** При условии, что созданный Цифровой двойник отвечает целям и задачам предприятия и используемой бизнес-модели, а инфраструктура предприятия обеспечивает необходимые вычислительные ресурсы, основными проблемами внедрения этой технологии являются отсутствие технической и эксплуатационной документации, а также ядра специалистов-экспертов, обеспечивающих развертывание и внедрение, подбор и обучение кадров для последующей эксплуатации. Основные же риски внедрения связаны со сроками развертывания и возможностью корректировки принятых системных, программных и организационных решений для выхода на эффективный режим эксплуатации. Масштаб проблем и рисков внедрения и эксплуатации определяется уровнем готовности самих технологий и методик их практического использования.

**Андрей Никольский, компания ПТС.** Проблемы и риски должны быть определены и осознаны на самых ранних стадиях цифровых преобразований. Именно поэтому предприятию, планирующему внедрение технологии Цифрового двойника и проведение цифровой трансформации производства, предлагается выявить индекс зрелости – Maturity Index Industrie 4.0, о котором мы говорили выше. Потенциальными проблемами можно считать отсутствие развитой ИТ-инфраструктуры, устаревшее оборудование, низкую квалификацию персонала.

**Намалья Нильсен, компания Schneider Electric.** В последнее время самым сильным сдерживающим фактором развития цифровых технологий стали риски киберугроз. Часто интеграция производственных данных в цифровых системах управления означает для предприятий возможность взлома и других киберпреступлений, что для опасных производств может иметь непоправимые последствия. Существует мнение, что давно внедренные локальные системы управления надежнее современных цифровых открытых систем, что не совсем справедливо, так как характер киберугроз постоянно меняется. Для компании Schneider Electric обеспечение информационной защищенности разрабатываемых решений является неотъемлемой частью нашей концепции цифровой трансформации. Мы активно сотрудничаем с ведущими российскими вендорами в области информационной безопасности и предлагаем в своих решениях программно-технические продукты, позволяющие обнаруживать несанкционированные действия, выявлять неавторизованные подключения к сети предприятия, неавторизованные попытки управления ПЛК и изменения технологических параметров, обнаруживать потенциальные угрозы при эксплуатации. Информация, получаемая из системы обнаружения вторжений, аккумулируется в диспетчерских центрах предприятий, где



Игорь Егоров,  
ОКБ им. А. Ляульки



Владимир Журавовский,  
ГК "ПЛМ Урал"



Владимир Макаров,  
ЦИАМ



Сергей Макеев,  
СНСЗ

специалисты могут в круглосуточном режиме выявлять, исследовать и предотвращать киберугрозы.

**– Как скоро предприятие, внедряющее технологию Цифровых двойников, может рассчитывать на экономическую отдачу? Каковы ключевые показатели, по которым можно оценить эффективность данного проекта на каждом этапе?**

**Игорь Егоров, ОКБ им. А. Ляульки.** В сущности, достаточно быстро – уже в рамках разработки следующего проекта, хотя уже и на предыдущем предприятии имеет очевидные преимущества от параллельного использования технологий Цифрового двойника. В качестве показателей эффективности проекта можно рассматривать некий комплексный критерий, который складывается из таких составляющих, как: достижение соответствия требованиям ТЗ; стоимость разработки и доводки изделия; сроки реализации разработки и доводки. По сути, это три разных критерия, и оцениваться они должны независимо, что должно учитываться лицами, принимающими решение на запуск в производство того или иного проектного решения.

**Олег Маковельский, компания ФЦТ.** Вопрос окупаемости средств, вложенных в создание Цифровых двойников, зависит от конкретных целей, которые предприятие хочет достичь с их помощью. Если задача критична для производства, ее решение может окупиться и вывести в прибыль в самое ближайшее время. Основным показателем является ТСО – совокупная стоимость владения единицы оборудования и всего парка, стоимость единицы годной продукции, а также стоимость работ по исправлению брака. Но есть также и особые случаи, например на объектах с повышенной производственной опасностью, где цена отказа оборудования очень высока, и задача заключается не в достижении экономической выгоды, а в предотвращении техногенной катастрофы.

**Андрей Никольский, компания ПТС.** Мы бы переформулировали вопрос таким образом: "Какие репутационные, экономические, финансовые потери ждут гипотетическое предприятие, отказывающееся от внедрения технологии Цифровых двойников производства? На каком временном лаге?" Если следовать принципу "практика – критерий истинности, статистика

– мать аналитики", нужно обратиться к отчетам признанных экспертов в области IT (McKinsey & Company, IDC, Forrester research, J'son & Partners Consulting и др.). Все они, как правило, солидарны в том, что для промышленных предприятий иной перспективы, кроме цифровой трансформации, просто не существует. Создание Цифровых двойников на тех или иных участках производства – лишь один из качественных показателей уровня цифровой трансформации предприятия.

Для каждого конкретного предприятия показатели, по которым можно судить об эффективности проектов создания Цифровых двойников, могут быть получены на основе методик расчета возврата инвестиций, а также практически полученных цифр из открытых отчетов компаний, реализовавших или реализующих переход к Индустрии 4.0.

**Петр Манин, компания Autodesk.** Самый очевидный показатель эффективности проекта – уменьшение натурных испытаний. Например, как только автомобилестроительная компания придет к ситуации, когда ей вместо четырех краш-тестов разных модификаций новой модели потребуется сделать только один, выгода сразу будет ощутима. Здесь следует также учитывать такой параметр, как time-to-market, который учитывает не экономию, а упущенную выгоду, если изделие выводится на рынок позже.

**Адриан Парк, компания Hexagon PPM.** Одна из сложностей при оценке преимуществ, которые дает Цифровой двойник, заключается в том, что основная выгода достигается за счет экономии "скрытых затрат", например сокращается время, необходимое на поиск и проверку информации на производственной площадке, снижается число ошибок и возвратов при закупке запасных частей, уменьшается время простоя оборудования. В идеале следует измерить базовые показатели эффективности в проблемных областях до внедрения Цифрового двойника, чтобы можно было объективно оценить эффект от его использования. Ключевыми измеримыми индикаторами могут быть следующие: количество поездок на объект для проверки информации, время на проведение ремонтных работ, время цикла управления изменениями, время на подготовку заданий на обслуживание и технические инспекции, количество хранимых запасных частей, незапланированные простои оборуду-



**Олег Маковельский,**  
компания ФЦТ



**Петр Манин,**  
компания Autodesk



**Иван Некрасов,**  
компания GE Digital



**Елена Никольская,**  
компания РТС

дования. Как только в Цифровой двойник загружена вся информация о промышленном объекте, необходимо отслеживать улучшения и увеличивать их число по мере развертывания сторонних систем.

Решение для Цифрового двойника должно помимо управления информацией также предоставлять возможность управлять проектным взаимодействием, таким как проверка качества и технические запросы.

**Иван Некрасов, компания GE Digital.** Экономическая отдача ИТ всегда определяется исключительно по результатам реализации прикладных задач управления. Само по себе внедрение Цифрового двойника является в чистом виде затратной статьей бюджета. Поэтому внедрение данной технологии должно преследовать решение конкретной проблемы бизнеса. Типовыми задачами, решаемыми с применением Цифровых двойников, является, например, задача оптимального управления техническим/технологическим объектом (в частности, с применением систем Advanced Process Control и им подобных), задача предиктивной диагностики отказов оборудования (в частности, с применением систем Asset Performance Management), задача моделирования производственных сценариев (по принципу оценки последствий сценария “что-если”) и другие. Экономический эффект тут зависит в основном от корректности постановки прикладной задачи и начального уровня проработки выбранного направления, существовавшего на предприятии до начала проекта.

**Елена Никольская, компания РТС.** Экономические показатели проекта внедрения ЦД во многом зависят от специфики предприятия и задач, определенных на каждом этапе. Например, для Цифрового двойника производственного отдела можно выделить такие показатели, как сокращение незапланированных простоев производственного оборудования, повышение производительности, повышение общей эффективности оборудования. Первые результаты заметны уже по итогам пилотных проектов. По статистике производственных предприятий, которые работают с компанией РТС, длительность работы над пилотным проектом до перевода его в промышленную эксплуатацию составляет 6 месяцев – 62%, 1 год – 27%, 2 года – 7%, более 2 лет – 4%.

**Олег Степанов, СПКБ.** В случае сложных систем, как, например, изделия судостроения, на моменталь-

ную экономическую отдачу не приходится рассчитывать. Экономические показатели будут очевидными после завершения строительства и передачи судна заказчику и сравнения суммы на постройку этого же заказа, выполненного по классической схеме. Экономия будет достигаться главным образом за счет снижения количества натуральных испытаний, исключения проведения натуральных макетных комиссий и т.п.

**Сергей Makeев, СНСЗ.** Примерно через два года работы можно рассчитывать на начало возврата инвестиций за счет сокращения трудозатрат заводских конструкторов на обработку получаемой РКД, сокращения времени ТПП, повышения объективности нормативов на затраты, ускорения производственного цикла по каждому заказу, увеличения скорости реагирования руководителей производства на проблемные ситуации.

**Владимир Макаров, ЦИАМ.** Как уже отмечалось, ключевым фактором эффективности использования Цифровых двойников является бизнес-модель получения прибыли предприятием. Следующий по значению фактор – соответствие созданного Цифрового двойника техническим возможностям и кадровому потенциалу предприятия. При обеспечении упомянутых факторов эффективность внедрения обсуждаемой технологии, как и любой другой, определяется сроками внедрения и выхода на ожидаемый эксплуатационный режим.

**Владимир Жураховский, ГК “ИЛМ Урал”.** Как показывает опыт западных фирм, закладываемый срок на окупаемость проекта ЦД – от одного года до трех лет. Ключевые показатели – это продление ресурса изделий, снижение штрафов по простоям и отказам, появление новых возможностей в отношении гарантийных обязательств, расширение продаж за счет нового качества продукта.

**Наталья Нильсен, компания Schneider Electric.** Для каждой отрасли промышленности характерны свои ключевые показатели и приоритеты, вследствие чего эффективность проектов цифровизации в них оценивается по-разному и зависит от разных факторов. Более того, даже в рамках одной отрасли оценка и критерии эффективности различаются. Например, в нефтегазовой отрасли в каждом из сегментов – добыча нефти и газа, транспортировка, нефтепереработка и нефтехимия – показатели различны как с точки зрения



Андрей Никольский,  
компания ПТС



Наталья Нильсен,  
компания Schneider Electric



Адриан Парк,  
компания Hexagon PPM



Дмитрий Пилипенко,  
компания SAP CIS

методов сокращения затрат, так и ключевых показателей (эффективность, операционная безопасность, производительность, и т.д.). На каждом производстве существует множество процессов, и получаемый эффект от внедрения Цифровых двойников зависит от того, насколько эти процессы оцифрованы. Если, например, речь идет о добыче нефти и газа, то здесь ключевым показателем является операционная эффективность и выход продукции, так как многие месторождения истощаются, и увеличение добычи – очень серьезный показатель эффективности. При этом цифры на первый взгляд могут показаться скромными – 1-2%, но в абсолютных значениях это довольно значительная выгода.

Говоря о нефтехимических процессах, следует иметь в виду, что экономия при применении Цифровых двойников достигается не только за счет повышения выхода целевого продукта, но и за счет энергосбережения. Опыт компании Schneider Electric показывает, что экономия может составлять от 3 до 25 рублей на баррель.

Внедрение цифровых решений может осуществляться во всех звеньях цепи поставок – от управления финансами, логистики до управления персоналом. В своем подходе к цифровизации технологических процессов Schneider Electric ориентируется на оптимизацию и улучшение эксплуатационных характеристик активов предприятий. Так, недавно мы поставляли наши технологии крупной российской компании, где проектирование выполнялось уже с применением цифровых технологий. За счет интеграции с нашими решениями и комплексности использования Цифровых двойников удалось достичь сокращения времени запуска объекта на 6 месяцев.

**– В отсутствие на данном этапе единых подходов и методик для разработки Цифровых двойников, когда каждый идет в этой области своим путем и структура виртуальных двойников различается от предприятия к предприятию и от разработчика к разработчику, насколько проблема коммуникационных стандартов может стать препятствием для процесса цифровизации промышленной сферы, например, в масштабе национальной экономики?**

**Адриан Парк, компания Hexagon PPM.** Стандартизация, безусловно полезна, но только в том случае, если она внедряется широко. Например, в перерабатывающей промышленности было несколько относительно успешных попыток стандартизации требований к информации. Большинство владельцев, подрядчиков и поставщиков объединили усилия для разработки популярного стандарта CFIHOS (спецификации передачи информации о капитальных промышленных объектах). Мы считаем, что этот стандарт, который будет включен в ISO 15926, обеспечит прорыв в области стандартизации информации об активах в перерабатывающих отраслях. В перспективе CFIHOS снизит объем необходимых работ, уровень неопределенности и затрат в перерабатывающей промышленности по всей цепочке создания активов и сократит затраты на создание Цифрового двойника, вне зависимости от его разработчика.

**Владимир Жураховский, ГК «ПЛУ Урал».** Отсутствие национального стандарта в сфере электронного проектирования, к которой относится технология Цифрового двойника, приводит к повышенным затратам в рамках совместной разработки изделий разными предприятиями ввиду отсутствия единых требований и коммуникационных затрат. Эта же проблема возникает и на этапе передачи и приемки работ вследствие отсутствия единого понимания итога разработки.

**Петр Манин, компания Autodesk.** В России пока только большие корпорации занимаются внедрением Цифровых двойников. Подобная ситуация имела место в строительной отрасли, когда BIM-моделирование в основном было распространено на уровне проекта. И только сейчас муниципальные и городские структуры задумались об использовании данных BIM-моделирования на уровне города (Smart City).

Можно спрогнозировать масштабирование успешных подходов ведущих компаний на всю отрасль. Очень вероятно, что этот процесс пойдет при содействии государства, которое попросит поделиться успешными практиками для их применения на других предприятиях.

**Андрей Никольский, компания ПТС.** Проблемы коммуникационных стандартов при расширении охвата технологией Цифровых двойников все более крупных производственно-экономических структур не должно возникнуть, поскольку все компоненты, реали-



Кирилл Пятунин,  
ПАО "ОДК-САТУРН"



Дмитрий Солонцов,  
компания ПТС



Олег Степанов,  
СПКБ



Александр Тучков,  
компания "Бюро ЕСГ"

зующие концепцию Цифрового двойника, построены на базе стандартизованных технологий и решений. Например, цифровой макет изделия выполняется по стандартам ГОСТ, ISO и проч. Электронная структура изделия и документация – на основе тех же стандартов. Передача данных осуществляется в соответствии со стандартами STEP. Также стандартизован язык формирования аналитических моделей.

**Олег Маковельский, компания ФЦТ.** В мире сейчас достаточно активно разрабатываются новые стандарты в области Интернета вещей и новых способов коммуникации, на базе которых можно разработать собственные стандарты. Одной из проблем наци-

ональной экономики является недостаточное развитие электронной промышленности и производства полупроводников, на основе которых в частности функционируют промышленные контроллеры и все средства измерения, задействованные в Цифровых двойниках. Если говорить о программном обеспечении, то здесь есть как оригинальные конкурентные решения, так и не совсем конкурентные, например средства численного моделирования, объединенные в платформу, как это сделано у ANSYS. Эти средства входят в стек технологий для построения Цифровых двойников.

**Иван Некрасов, компания GE Digital.** Различия в структурах двойников как раз продиктовано



## ФАБРИКА ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

## Мы внедряем лучшие комплексные решения для диагностики и прогноза состояния промышленного оборудования

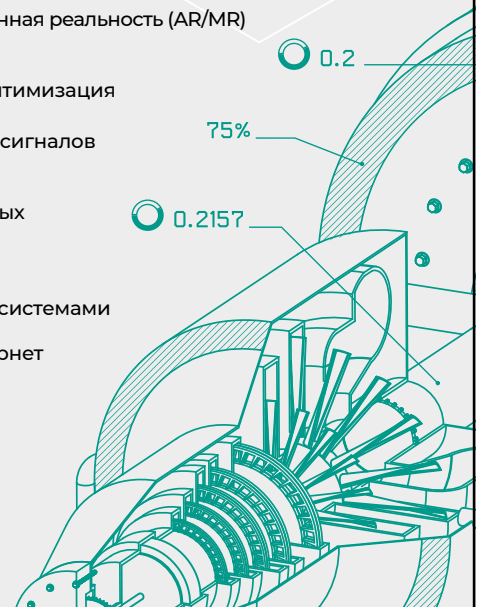
### Вы хотите?

- Уменьшить затраты на техническое обслуживание активов
- Снизить количество внеплановых остановов и простоев активов
- Повысить уровень промышленной безопасности на производстве
- Контролировать эффективность эксплуатации активов в оптимальных диапазонах
- Контролировать качество продукции и сократить количество брака
- Получить преимущества перед конкурентами, предоставляя новые возможности

### Наши технологии

- Системное и численное моделирование
- Дополненная и смешанная реальность (AR/MR)
- Машинное обучение и параметрическая оптимизация
- Машинная обработка сигналов и вибродиагностика
- Агрегирование полевых подключений
- Интеграция с информационными системами
- Промышленный интернет вещей (IIoT)

+7 (495) 178 0 178 | [info@digitaltwin.ru](mailto:info@digitaltwin.ru) | [www.digitaltwin.ru](http://www.digitaltwin.ru)  
123317, г. Москва, Пресненская наб., д. 6, стр. 2,  
Башня «Империя», этаж 36, офис 3631



различной постановкой решаемых прикладных задач. Сам по себе термин “Цифровой двойник” является обобщающим – фактически ЦД состоит из математической модели объекта и ее программной реализации, дополненных требованиями по организации и использованию информации о моделируемом объекте. Как и способов составления математических моделей, типов Цифровых двойников может существовать огромное количество. Разработчик и пользователь при выборе метода моделирования руководствуются конкретной постановкой задачи, а также своим пониманием, какая из доступных технологий подходит для ее решения. Такая ситуация является данностью, поэтому не существует унифицированного метода решения всех производственных задач.

Коммуникация же между отдельно реализованными Цифровыми двойниками осуществляется по аналогии с коммуникацией обычных приложений различных производителей. Стандарт Индустрии 4.0 – DIN SPEC 91345:2016-04 (E) Reference Architecture Model Industrie 4.0 (RAMI4.0). Berlin: Beuth Verlag, April 2016 – описывает этот процесс как обмен информацией на уровне программных объектов внутри одной информационной оболочки. Таким образом, я не вижу препятствий для цифровизации промышленной сферы, которые могли бы возникнуть вследствие различия применяемых технологий, в том числе коммуникационных. Да, на любом этапе интеграция требует определенных усилий, но эти механизмы давно отработаны на меньших масштабах (в рамках предприятий и корпораций) и могут быть распространены на более высокий уровень.

**Елена Никольская, компания РТС.** Для решения задачи обеспечения коммуникации компания РТС непрерывно работает по трем направлениям. Во-первых, это развитие модуля Kerware, который поддерживает различные промышленные протоколы и отвечает за подключение к промышленному оборудованию и производственным системам; во-вторых – сотрудничество с производителями оборудования, разработчиками информационных систем для создания специализированных адаптеров; в-третьих, компания самостоятельно и с помощью партнеров разрабатывает адаптеры для обмена данных по различным протоколам и стандартам. Разрабатываемые адаптеры публикуются на портале Marketplace и доступны для использования в процессе создания проектов Цифровых двойников. Таким образом, применяемый РТС подход позволяет сократить время интеграции разнородных систем.

**Сергей Макеев, СНСЗ.** Наш подход к цифровизации базируется на стремлении к максимальной унификации как в части представления ЦД, так и в отношении методики внедрения. Очевидно, что такой подход будет полезен и для других предприятий отрасли. Очень надеемся, что продукт, созданный в рамках проекта “Цифровая Верфь”, будет востребован для масштабного тиражирования.

**Олег Степанов, СПКБ.** Проблему коммуникации можно сколько-то эффективно решать только при активном участии государства, а именно за счет сертификации ПО, введения единой терминологии, стимулирова-

ния предприятий с госучастием к внедрению концепции Цифрового двойника.

**Игорь Егоров, ОКБ им. А. Льюки.** Решение проблемы стандартизации цифровых коммуникаций в производственной сфере в национальном масштабе представляется возможным, но необходимо административное решение на правительственном уровне рассматривать эту задачу как часть политики развития национальной экономики. Проще это сделать в рамках одной области промышленности, например двигателестроения.

**Владимир Макаров, ЦИАМ.** Представляется, что на этапах формирования промышленностью осознанного и реализуемого запроса на Цифровые двойники и создания рынка предложений на эти запросы проблема унификации коммуникационных стандартов является вторичной. При широком внедрении обсуждаемой технологии найденные в каждом из своих классов задач лучшие решения снимут остроту проблемы обмена данными.

**Александр Тучков, компания “Бюро ЕСГ”.** Пока не будет накоплен реальный практический опыт, все разговоры о стандартах – бред. Только после взятия определенной экспериментальной планки можно начинать говорить о стандартах. До этой планки пока очень далеко.

**– В каких отраслях наиболее актуально сегодня внедрение Цифровых двойников? Можно привести примеры проектов, реализованных в российских промышленных компаниях с использованием данной технологии? В каком объеме она внедрена и какие задачи решаются с ее помощью?**

**Петр Манин, компания Autodesk.** Потенциально в этом заинтересованы множество отраслей: авиастроение, автомобилестроение, кораблестроение, горнодобывающий сектор и другие. Это относится как к крупным компаниям, так и к среднему бизнесу. В наступившую эпоху Цифровые двойники становятся инструментом трансформации индустрий и бизнесов, в конечном итоге к этому придут все. Это только вопрос времени.

В настоящий момент я не могу выделить кого-то в России в этом отношении. Многие компании только еще осознают необходимость изменений, другие уже вступили на путь преобразований: изучают открывающиеся возможности и приступают к реализации пилотных проектов. Единицы внедряют ЦД в производственный процесс. В этом процессе могут сыграть свою роль небольшие и средние инжиниринговые компании, работая на подряде на крупных предприятиях и осуществляя свой круг работ (например, конструирование компонентов большого проекта и их проверку с использованием возможностей ЦД).

**Александр Тучков, компания “Бюро ЕСГ”.** Очевидно, что дальше всех в этой области продвинулись нефтеперерабатывающие предприятия (и наверное, в первую очередь “Газпром нефть”), а также авиастроение. Задача, которая решается путем создания Цифрового двойника промышленного предприятия с непрерывным производственным циклом, очень просто

формулируется – минимизировать время простоя производства при ремонтах, аварийных ситуациях и модернизациях (реконструкциях). Именно в эти моменты персоналу нужна актуальная информация о производстве в самых разных представлениях (трехмерная модель, технологические схемы, схемы КИП, паспорта объектов и масса других разнообразных документов).

**Олег Маковельский, компания ФЦТ.** Наиболее зрелыми сейчас являются компании непрерывного типа производства, где без автоматизации невозможно функционирование технологического процесса. Это предприятия таких отраслей, как нефтехимия, фармацевтика, пищевое рецептурное производство и многие другие. Здесь в плановом порядке решаются задачи оптимизации рецептур, предсказательного сервисного обслуживания на линиях, на некоторых предприятиях имеет место обобщение инженерно-технологического опыта, реализованного в программной логике Цифрового двойника.

**Андрей Никольский, компания ПТС.** Наиболее широко на сегодняшний день Цифровые двойники применяются в сфере проектирования, производства и эксплуатации, сервисного и технического обслуживания.

Технология Цифрового двойника открывает новые возможности для дискретных производителей, благодаря способности физического и виртуального двойников “говорить” между собой. Иными словами, они заменяют проектировочные “предположения” кон-

кретными данными и знаниями, существенно снижая время выхода изделий на рынок и оптимизируя этап разработки. Цифровые двойники дают проектировщикам четкое понимание того, как изделие будет использоваться в полевых условиях, и имеют возможность быстро оптимизировать разработку “под клиента” или под новые функции за счет обратной связи, получаемой от изделия на протяжении всего жизненного цикла.

Цифровые двойники процессов кардинально меняют характер управления производственной деятельностью. Предприятия получают исчерпывающее представление о своих текущих операциях, повышая операционную эффективность и гибкость цепочки поставок.

До появления технологии Промышленного Интернета вещей предприятиям приходилось полагаться на отзывы клиентов и оперативные данные, чтобы понять, насколько эффективны производимые ими изделия. Цифровой двойник не только дает обратную связь в реальном времени, но и способен делать аналитические прогнозы. Это поле для получения новых типов прибыли, например от предоставления расширенного пакета услуг, который может существенно повысить удовлетворенность и лояльность клиентов.

На сегодняшний день технология успешно закрепились в таких производственных отраслях, как пищевая промышленность, авиа- и судостроение, легкая промышленность, другие наукоемкие отрасли. Стоит отметить активный рост числа пользователей ЦД в экс-



**PTS**

**ЦИФРОВАЯ  
ТРАНСФОРМАЦИЯ**

ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ  
ЛЮБОГО МАСШТАБА

[www.pts-russia.com](http://www.pts-russia.com)  
+7 (495) 737-78-78  
Москва, ул. Крымский Вал,  
д.3, с.2, офис 305

**CAD/CAM/CAE/PLM/IoT/AR**  
Авторизованный реселлер  
решений PTC в России





планирующих организациях и службах сервиса, предпочитающих подключенное изделие и документацию в дополненной реальности классическим решениям.

В качестве примера можно привести реализацию на базе технологий PTC глобального онлайн-решения для отслеживания эффективности упаковочных линий в компании Carlsberg. Результаты внедрения обеспечили компании следующие выгоды:

- ▶ глобальный мониторинг упаковочных линий;
- ▶ уход в прошлое внеплановых остановок;
- ▶ поставку расходных материалов и запасных частей до начала ремонта;
- ▶ повышение операционной производительности с минимальным количеством прерываний операций;
- ▶ отслеживание происходящего на фабриках в режиме реального времени.

Использование технологии Промышленного Интернета вещей для получения данных с локальных компьютеров и настройки облачных приложений позволило Carlsberg ускорить развертывание решения на своих производственных площадках по всему миру и получать оперативные данные об упаковочных линиях, делая их доступными для всех групп пользователей. Решение уже реализовано на 17-ти заводах, при этом его внедрение на одной фабрике занимает всего один месяц.

Программное обеспечение ThingWorx в связке с ПО Kerware повысило операционную производительность (ОЕЕ) на пивоваренных заводах Carlsberg всех упаковочных линий без замены оборудования и изменения процедур контроля на местах.

Цифровые двойники также успешно используются в процессах обеспечения качества и предоставления рабочих инструкций в компании Volvo Group.

Ярким примером применения технологии Цифрового двойника, реализованного в российской промышленной компании, является построение ЦД газоперерабатывающей турбины производства Уральского турбинного завода (УТЗ, входит в холдинг "РОТЕК"). На УТЗ компанией "ПТС" внедрена система создания и использования цифрового макета изделия на базе программного обеспечения Creo, Windchill и комплекса ПО для проведения расчетов. В системе была полностью рассчитана, спроектирована и доведена до производства турбина Кп-77-6,8. Весь процесс разработки и изготовления занял 8 месяцев вместо 2,5 лет.

**Наталья Нильсен, компания Schneider Electric.** Отраслью, наиболее нуждающейся в цифровизации своих производственных процессов, мы считаем нефтепереработку и нефтехимию, где кроме повышения выхода конечного продукта ключевыми показателями являются также операционная безопасность и энергоэффективность. Schneider Electric работает по стратегическим соглашениям с такими компаниями, как Роснефть, Газпром нефть, ТАИФ и Сибур. Одним из перспективных направлений является так называемая оптимизация процессов в реальном времени (Real Time Optimization), которая дает наиболее ощутимый подъем показателей эффективности в нефтехимии и нефтепереработке. С помощью наших решений, применяемых с другими цифровыми технологиями еще на этапе запуска

производства, и благодаря высокой степени интеграции цифровых систем успешно реализуется концепция "Цифровой завод" на Яйском НПЗ, что значительно сокращает время запуска объектов и повышает эффективность производственных процессов данного предприятия.

**Адриан Парк, компания Hexagon PPM.** Технологии Hexagon PPM в области Цифровых двойников используют более 600 предприятий перерабатывающих отраслей по всему миру. Не называя конкретных клиентов, мы можем сказать, что наша технология Цифровых двойников используется в нефтегазовой и химической промышленности, атомной и традиционной энергетике. Технология работает на всех этапах жизненного цикла предприятия. Ее используют как клиенты, которым необходимо решение для управления требованиями, постепенного создания Цифровых двойников на этапе проектирования и организации платформы для совместной работы, так и владельцы действующих предприятий, внедряющие Цифровой двойник на основе устаревших данных и документации. Цифровые двойники используются для визуализации хода работ на этапе реализации проекта с использованием 3D-модели, для управления изменениями проекта на объектах и многого другого.

**Дмитрий Пилипенко, компания SAP.** Технология ЦД востребована преимущественно в сфере промышленного производства: на предприятиях горно-металлургической отрасли, нефтегазового сектора, энергетического комплекса, в дискретном производстве и т.д. Развитие инструментов работы с большими объемами данных и средствами интеллектуального анализа, а также серьезное удешевление этих технологий открывают значительные перспективы для внедрения концепции ЦД. Так, согласно исследованиям Gartner, уже сейчас порядка 62% крупных промышленных компаний запустили подобные проекты или планируют это сделать в ближайшем времени. По оценкам специалистов, к 2021 году около половины из них внедрят данную концепцию в производство, что поможет повысить эффективность на 10%. В нефтегазовой отрасли, по оценкам экспертов, Цифровые двойники скважин способны сэкономить компаниям от 5 до 20% капитальных затрат.

Например, у одной российской горно-металлургической компании есть карьер, где добывается руда, и есть завод, где производится сталь. Данные по рудному телу, его геометрии и составу полезного вещества известны еще на этапе проектно-изыскательных работ и постоянно уточняются в процессе выработки, а значит, есть возможность эту информацию оцифровать и заложить в систему. Что компания и делает, создавая блочную модель карьера – каждый кубометр представлен в системе и описан всеми необходимыми для технологии параметрами. Обогащая эти данные экономическими показателями технологического процесса, мы выводим полученные параметры в реальном времени на дашборд руководителя. Опираясь на эти данные, специалисты компании могут смоделировать, откуда и в каком объеме извлечь руду, по какому оптимальному технологическому маршруту и с каким дополнительным сырьем отправить ее дальше по цепочке, чтобы в конечном итоге получить сталь определенного сорта. Эти данные и

многофакторное моделирование позволяют планировать добычу в широком горизонте с учетом конъюнктуры рынка.

**Олег Степанов, СПКБ.** К числу отраслей, наиболее активно использующих на сегодняшний день Цифровые двойники, относятся автомобилестроение и авиастроение. К слову, с помощью Цифровых двойников был реализован проект “Кортеж” по созданию линейки автомобилей премиум-представительского класса, в рамках которого был спроектирован и изготовлен лимузин для президента РФ.

**Сергей Макеев, СНСЗ.** Использование ЦД наиболее характерно для авиастроения, где цифровой макет изделия изначально создается в цифровом виде, без использования чертежей. Есть примеры, когда КБ проектирует и выдает ЦД агрегатов вертолета непосредственно на серийный завод полностью в аннотированной 3D-модели NX, чертежей при передаче проекта в принципе нет. Такие примеры имеются также в энергомашиностроении, приборостроении. Интенсивно развивается в этом направлении и строительная отрасль со своими BIM-моделями. Но надо сказать, что только создания самого ЦД на входе производственного процесса недостаточно для успеха. Там, где не предпринимаются дальнейшие шаги по созданию цифровой инфраструктуры технологической службы, производства, отдача от затрат на создание ЦД не всегда достигается.

**Владимир Жураховский, ГК “ПЛМ Урал”.** Наиболее значимые проекты Цифровых двойников изделий в настоящее время реализованы, конечно,

в высокотехнологичных отраслях, таких как ракетно-авиастроение, энергетика, автомобилестроение, газо- и нефтедобыча и переработка и др. В РФ пока отсутствуют законченные Цифровые двойники в том понимании, о котором говорилось выше, на Западе же уже присутствуют и реальные результаты разработок (Siemens, Verbund GmbH, Schlumberger, Phoenix Contact и др.).

**Игорь Егоров, ОКБ им. А. Люльки.** Совершенно очевидно, что применение Цифровых двойников наиболее целесообразно в высокотехнологичных отраслях промышленности, где имеется соответствующая инфраструктура и необходимый уровень квалификации персонала. Именно на этих отраслях имеет смысл сфокусироваться с тем прицелом, что накопленный здесь практический опыт поможет подтянуть и другие отрасли за счет целенаправленного использования имеющихся ресурсов и применения прорывных достижений “первопроходцев”.

**Владимир Макаров, ЦИАМ.** Еще раз подчеркну, что в настоящее время все базовые технологии создания Цифровых двойников в принципе существуют, как, впрочем, и интеграционные платформы, предназначенные для их создания. Если в качестве компонента Цифрового двойника выступает объект/система с физически сложным рабочим процессом, то критически важное значение приобретает подсистема достоверного описания этого процесса, что в свою очередь может находиться на грани возможностей современных средств моделирования. Если эту подсистему удастся “свернуть” до уровня простой по форме и быстрой

**CAE EXPERT**

**CAE EXPERT. ИНТЕГРАТОР ТЕХНОЛОГИЙ ANSYS**  
на территории России и СНГ  
Продажа. Внедрение. Обучение

**ANSYS TWIN BUILDER**  
РЕШЕНИЕ ДЛЯ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА

**ANSYS**  
cae-expert.ru | cae-club.ru | cae-support.ru

компьютерной модели, то открываются широчайшие возможности использования основанных на ней Цифровых двойников, например, в сфере эксплуатации таких объектов путем отслеживания влияния условий эксплуатации на изменение характеристик различных экземпляров объекта и снижения расходов за счет оптимизации ТОиР всего парка. При этом на передний план выступает задача создания и использования датчиков, отражающих состояние объекта/системы, и разработка адекватных физических моделей “ухода” характеристик и предсказания наступления критического состояния объекта/системы. Можно сказать, что технология Цифровых двойников на начальной стадии своего развития, какую мы имеем на сегодняшний день, может эффективно отрабатываться в отраслях, где поведенческая модель компонента двойника однозначна (имеет одно решение) и сравнительно проста. Примером такой модели может служить давно используемый так называемый “электронный макет” разрабатываемого изделия, позволяющий на самых ранних стадиях проектирования проверять технологии его изготовления, сборки и эксплуатации.

**– Является ли курс промышленных компаний на создание Цифрового двойника всей своей производственной структуры тем решением, которое позволит им встроиться в русло технологических трендов, которые будут определять в ближайшие десятилетия формат производственного предприятия?**

**Игорь Егоров, ОКБ им. А. Льюльки.** Безусловно. Но при соответствующей государственной политике. Реализация этой ключевой для развития промышленности концепции должна рассматриваться как важная национальная программа, “кампанейщина” и “партизанщина” здесь не уместны. Речь фактически идет об изменении национальной технологической инфраструктуры промышленности и в особенности ее высокотехнологичной и наукоемкой производственной базы, поэтому решение такой грандиозной задачи на национальном уровне без соответствующего курса правительства не представляется возможным. Путем внедрения частных отраслевых решений можно лишь погрязнуть в проблемах.

**Кирилл Пятунин, “ОДК-САТУРН”.** Считаю, что это так и есть. Очевидно, что грамотный подход к цифровизации производственных процессов способствует значительному снижению затрат на технологическую подготовку производства, позволяет оптимизировать загрузку оборудования и в целом дает возможность более эффективно управлять производством. Предприятия, которые постепенно двигаются в направлении создания “Умной фабрики”, будут более конкурентоспособными. На мой взгляд, интеграция цифровых технологий в единую систему управления – это закономерный процесс, идущий в промышленности, к тому же обнадеживающие перспективы для этого процесса видятся в том, что на государственном уровне ему уделяется большое внимание.

**Петр Манин, компания Autodesk.** Да, но это не единственная технология, конечно же. Вместе с ЦД компании должны существенно продвинуться в направлении

оптимизации производства, в котором использование генеративного дизайна, 3D-принтеров, роботов, всевозможных датчиков, технологий по верификации качества необычайно расширяют возможности. Естественно, изменения в культуре компаний, направленные на внедрение инноваций, связанных в том числе и с работой на основе ЦД, позволяют с уверенностью смотреть на перспективы цифровой трансформации в целом.

**Олег Маковельский, компания ФЦТ.** Необходимо начать с малого – с создания Цифровых двойников оборудования или технологических процессов, а затем уже переходить к более амбициозным целям. Этот процесс не быстрый, так как даже высокий уровень цифровой зрелости предприятия не всегда может гарантировать успех. Но такие цели оно, безусловно, должно себе ставить, поскольку Цифровой двойник – это инструмент для промышленных инноваций в том числе. А программа внедрения инноваций должна стоять на повестке плана развития на каждом предприятии, если оно хочет быть конкурентоспособным в новых условиях Индустрии 4.0.

**Владимир Макаров, ЦИАМ.** Современные информационные и конструкторские системы, а также системы инженерного анализа и оптимизации уже обладают очень серьезным потенциалом для повышения качества разработки сложных промышленных изделий и систем и кратного снижения сроков и стоимости работ. Поэтому переход к еще более интеллектуальным технологиям разработки, производства и эксплуатации промышленных изделий, что, в принципе, является сутью технологии, основанной на Цифровых двойниках, представляется неизбежным. Для устойчивого развития в этом направлении, как уже говорилось выше, промышленность должна сформулировать осознанный, обоснованный и реализуемый на современном технологическом уровне запрос на такого рода системы, а научное и технологическое сообщество должно создать рынок предложений на этот запрос. В этом отношении можно провести полезную во всех смыслах аналогию с созданием и развитием в последние десятилетия систем информационной поддержки разработок и производства, которые сейчас стали ключевыми инструментами промышленного развития.

**Сергей Makeев, СНСЗ.** Естественно, технология ЦД, подкрепленная созданием и ведением виртуального рабочего пространства, – это технология будущего, особенно если учесть тот факт, что сами CAD-системы постепенно уходят от десктопов и становятся облачными приложениями, как, например, это произошло с CAD-системой Onshape, где реальную 3D-модель можно открыть и редактировать в обычном браузере, работая где угодно на любом планшете или смартфоне.

**Адриан Парк, компания Hexagon PPM.** Цифровые двойники служат источником достоверной информации высокого качества, описывающей физические параметры промышленного объекта. Они являются необходимым условием для внедрения существующих и перспективных технологий, таких как Искусственный интеллект/машинное обучение, продвинутые аналитические системы, виртуальная/дополненная/расширенная реальность. Без Цифрового двойника в качестве

платформы эти и другие технологии не смогут получать базовую высококачественную информацию, необходимую для их внедрения.

**Андрей Никольский, компания ПТС.** Российским промышленным компаниям не стоит игнорировать мощный трансформирующий потенциал, который заложен в Цифровых двойниках, и откладывать его освоение. Многие технологии, необходимые для создания Цифровых двойников, уже используются на промышленных предприятиях. Усиление и консолидация ценности этих технологий внедрением Цифровых двойников – одна из самых разумных бизнес-инициатив для предприятия, идущего путем цифровой трансформации и ориентированного на будущее, а не на прошлое.

**Елена Никольская, компания РТС.** Предприятия, которые уже сегодня начинают реализовывать концепцию Цифрового двойника, безусловно, обеспечивают себе преимущество на рынке. Данный подход не только повышает конкурентоспособность, но и предоставляет широкий спектр возможностей для создания инновационных изделий и развития новых направлений бизнеса. Современные цифровые технологии нацелены на то, чтобы помочь предприятиям адаптироваться к постоянно изменяющимся условиям и тенденциям.

*В ходе обсуждения темы не раз прозвучала мысль, что идея Цифрового двойника не нова. Развившись как из логического зерна из принципа построения хранилища данных о создаваемом изделии, она прошла естественный эволюционный путь в несколько десятилетий и преобразовалась в современную концепцию представления физического объекта в информационном пространстве с максимально возможной для сегодняшнего уровня развития цифровых технологий детализацией и информативностью.*

*Качественный скачок в развитии и применении данной концепции в промышленном производстве, заставивший говорить о ней как о новом технологическом тренде, связан с открытием новых возможностей, которые предоставляют достигшие необходимого уровня технологии Больших данных, Интернета вещей, Искусственного интеллекта и машинного обу-*

*чения, виртуальной и дополненной реальности, облачные технологии и другие. Эти возможности связаны в первую очередь с высокоточной прогностической аналитикой. Как емко выразился один из участников, существующие сквозные цифровые решения, использующие классические подходы PLM, ERP, BIM, отражают состояние создаваемого или реального объекта “как он есть”, в то время как Цифровой двойник призван давать ответ на вопрос “что будет если”. Именно возможность предсказывать изменение характеристик объекта/процесса/системы есть главное преимущество технологии Цифрового двойника.*

*Как следует из комментариев участников обсуждения, препятствий для широкого внедрения Цифровых двойников на промышленных производствах нет, поскольку все базовые технологии для их создания существуют и уже используются для тех или иных задач на отечественных предприятиях. Вопрос разработки стратегии внедрения как таковой не стоит, здесь уместно применение традиционного принципа “от простого к сложному”. Таким образом, наиболее целесообразный путь – в рамках программы цифровой модернизации производства определить локальную сферу применения Цифрового двойника и осуществлять постепенное движение от создания цифровых моделей отдельных объектов, процессов, систем и ресурсов и взаимосвязей между ними к построению целостной производственной системы предприятия. Спикеры отмечают, что при внедрении ЦД первые результаты заметны по итогам пилотных проектов, при этом эффект достигается уже на ранних стадиях – процесса проектирования и инженерных разработок.*

*Выражая солидарность с мнением мировых аналитиков, эксперты считают, что для промышленных предприятий иной перспективы, кроме цифровой трансформации, просто не существует, и создание Цифровых двойников на тех или иных участках производства – это на сегодняшний момент лишь один из качественных показателей уровня цифровой трансформации предприятия.*

Круглый стол провела Елена Васильева

## НОВОСТИ

### ANSYS и Rockwell Automation – стратегическое партнерство

Благодаря новому стратегическому партнерству компаний Rockwell Automation и ANSYS промышленные компании получают доступ к оптимизированному комплексному решению для проектирования, автоматизации, производства и управления жизненным циклом. ANSYS и Rockwell Automation помогут клиентам разрабатывать Цифровые двойники

на базе численного моделирования для изделий, процессов и производства. Традиционно производители тратят огромное количество времени и денег на разработку и тестирование физических прототипов изделий. Теперь они смогут проектировать и проверять их с помощью технологий численного моделирования. Это ускорит разработку и анализ, повысит

качество изделий и сократит продолжительность испытаний во всей организации.

Когда оборудование или технологическая линия запускаются, производители могут создать Цифровой двойник всего производственного процесса для выполнения и тестирования виртуальных гипотетических сценариев. Например, используя динамическую системную модель, созданную с помощью ANSYS TwinBuilder, промышленные компании

могут более гибко адаптироваться к требованиям рынка и минимизировать риски. Это критически важно для производственных помещений, в которых нужно быстро менять конфигурацию конвейерных линий для того, чтобы приспособиться к потребностям рынка. Теперь пользователи могут оценить результат, не нарушая работу физических объектов. Это ведет к более быстрому выпуску продуктов на рынок и значительной экономии средств.