

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА С AR-СОПРОВОЖДЕНИЕМ НА ТРУБНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

М.Н. Смирнов (Компания «Системы компьютерного зрения»)

Рассмотрен проект создания цифрового двойника для производства на Северском трубном заводе. Решение включает модуль дефектоскопии и систему определения параметров гильз, функционирующую в сложных условиях эксплуатации. В проекте также реализована система дополненной реальности, выполняющая информационную и технологические функции.

Ключевые слова: цифровой двойник, дополненная реальность, дефектоскопия, сложные условия эксплуатации.

Цифровой двойник — один из ключевых инструментов, призванных ускорить цифровую трансформацию, в том числе в трубопрокатной промышленности. Это осознают крупные участники рынка, которые стремятся внедрять передовые идеи в производственные процессы. Сегодня цифровая трансформация — уже необходимость, позволяющая выжить в условиях постоянно растущей конкуренции и обеспечить рост эффективности бизнеса. Включая цифровые копии физических объектов или процессов в традиционную модель производства, предприятие быстрее выявляет проблемы и дефекты, что в конечном итоге повышает качество производимой продукции [1-3].

Цифровые двойники используются во многих областях — от медицины до тяжелой промышленности. Виртуальные модели устройств, изделий, компонентов и бизнес-процессов разрабатывают в нефтегазовой, лесной промышленности и атомной энергетике. Умные решения применяют при строительстве зданий, самолетов и автомобилей.

У цифровых двойников могут быть разные функции в зависимости от задач, поставленных перед предприятием. Так, будучи встроенным в систему управления, цифровой двойник превращается в эффективный инструмент контроля производственных показателей, который помогает топ-менеджменту принимать оперативные и рациональные решения. Цифровой двойник может облегчить работу сотрудников, задействованных непосредственно на производстве (например, операторов станков), сократив время ручного монотонного труда и увеличив производительность на единицу времени. С помощью двойников можно тестировать решения и испытывать изделия, строить модели, экономя при этом время, производственные и денежные ресурсы.

Рассмотрим проект создания цифрового двойника для производства на Северском трубном заводе (входит в Трубную металлургическую компанию (ТМК), в разработке которого участвует компания «Системы компьютерного зрения»). Новое решение с системой, оборудованной средствами дополненной реальности, помогает предотвращать простои оборудования, прогнозировать технологические процессы и формиро-

вать рекомендации по управлению производством для сотрудников. Специалисты завода могут просматривать объективную и актуальную информацию о дефектах на оправках (инструменте, с помощью которого в трубе формируется полость заданного диаметра) и трубах в реальном времени, что позволяет вовремя принимать оперативные решения и корректировать производственный процесс.

Система рассчитана на контроль ряда элементов на разных стадиях производственного процесса: с ее помощью можно отслеживать состояние оснастки (станочных приспособлений), агрегатов, полуфабрикатов и готовой продукции.

Цифровая трансформация производств Трубной металлургической компании

Внедрение цифровых технологий в ТМК началось практически с момента создания компании и проходило параллельно модернизации производственных мощностей — с 2006 по 2019 г. Трубная металлургическая компания фактически заново отстроила свои заводы, внедрила современное трубопрокатное и сталелитейное оборудование. В ходе технического перевооружения на Северском трубном заводе в 2014 г. был запущен новый непрерывный стан, который позволил собрать в одном цехе новейшие технологии трубопрокатного производства. С точки зрения выпуска бесшовных труб оно стало самым высокотехнологичным и автоматизированным в России. Затем в связи с интенсивным освоением новых видов высокотехнологичной продукции перед компанией возникла задача по созданию цифрового двойника. Внедрение решения началось в 2018 г. на базе комплекса физико-математических моделей, который стал его основой, а также отличительной и уникальной особенностью. И уже в 2021 г. появился двойник второго уровня - в его состав вошли системы дефектоскопии и дополненной реальности, которые разрабатывает компания «Системы компьютерного зрения», а также методы предиктивной¹ и прескриптивной² аналитики и обработки больших данных. Так «сердце» виртуального производственного агрегата — комплекс физико-математических моделей — стало

¹ Предиктивная аналитика — это форма углубленной аналитики, которая изучает данные или контент и отвечает на вопрос «Что произойдет?» или, точнее, «Что может произойти?». В ней используются такие методы, как регрессионный анализ, прогнозирование, многомерная статистика, сопоставление с моделью, предиктивное моделирование и прогнозирование.

² Прескриптивная аналитика — это форма углубленной аналитики, которая изучает данные или контент и отвечает на вопрос «Что следует сделать?» или «Что мы можем сделать, чтобы добиться _____?». В ней используются такие методы, как анализ графов, моделирование, обработка сложных событий, нейронные сети, механизмы рекомендаций, эвристика и машинное обучение.

обратять дополнительной функциональностью и новыми технологиями.

Сегодня предприятия переходят от автоматизации к цифровизации производства, не просто создавая цифровые двойники и решения, но и трансформируя мышление человека. В ТМК генерируются большие массивы данных производственного процесса, а новые цифровые решения позволяют аккумулировать этот поток и разрабатывать на его основе рекомендательную систему принятия решений. Преимущество цифрового двойника в том, что он обеспечивает постоянство качества выпускаемой продукции, помогая предсказывать сбои и предотвращать их. Он призван помочь не допустить остановку или поломку оборудования и обеспечить корректную и оперативную реакцию специалистов на нестандартное поведение техники.

Дефектоскопия в реальном времени

Ожидания клиентов от конечного продукта всегда остаются неизменными — он должен быть максимально бездефектным. Отсюда следует одно из главных требований к современным предприятиям — брак должен выявляться без замедления темпов производства и до того, как продукт попадет на рынок. Этому требованию отвечает одно из направлений работы цифрового двойника производства — выявление дефектов на оправках. Специальная система находит проблемные места в реальном времени, что может существенно снизить брак и сэкономить человеческие и производственные ресурсы. Ручной поиск дефектов занимает больше времени и требует больших трудозатрат: чтобы оператор смог проверить, есть ли на оправке дефекты, она должна находиться в зафиксированном состоянии, а вся ее поверхность быть доступной для осмотра. Сделать это без остановки производства невозможно.

Система определяет дефекты на оправках с помощью камер оптического диапазона. Она находит и идентифицирует номера оправки, определяет категорию дефекта, его местоположение и глубину. Система может выявить дефект глубиной от 1 мм и длиной 10 мм. Машинное обучение помогает обнаружить и классифицировать дефекты, а вся полученная информация собирается с помощью поляризационных камер. Далее она попадает на сервер и в базу данных.

Оператор может взаимодействовать с системой в нескольких направлениях: смотреть, какие оправки находятся на прокатном стане, знакомиться с текущими данными по ним, получать предупреждение о дефекте (в том числе критическом) и изучать историю дефектов на выбранной оправке.

С помощью цифрового двойника можно выявлять дефекты и на готовой продукции. За это отвечает специальная система, которая находит недостатки на трубах, производит их локализацию и сохраняет эти данные в системе.

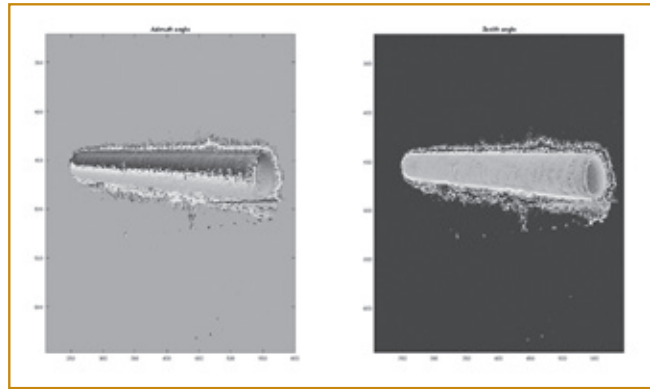


Рис. 1. Иллюстрация работы системы определения параметров гильз

Искать неисправности и прогнозировать причины, по которым может возникнуть тот или иной дефект, важно для любого производства, особенно если оно непрерывное и остановка оборудования может привести к большим финансовым потерям. Стремление предприятий металлургии, нефтепереработки, химической и бумажной промышленности сократить риски по всем направлениям может быть удовлетворено с помощью цифровых двойников. Моделирование физических объектов в цифровой среде позволяет не только оперативно выявлять неисправности, но и предупреждать операторов о скором износе оборудования или сверхсильной загрузке, которые могут привести к внезапной поломке.

Применение цифровых двойников в тяжелых условиях эксплуатации

Эта особенность представлена системой определения параметров гильз — полый толстостенной заготовки, из которой затем изготавливается труба с требуемыми характеристиками. Цифровой двойник выявляет длину и диаметры гильзы с точностью до 1 мм. Измерения можно начинать сразу после того, как агрегаты выйдут из печи, а в этот момент их температура может достигать 1000...1300° С. Работу в тяжелых условиях обеспечивает термостойкий корпус для камер, который защищает их от перегрева.

Ранее специалистам приходилось выкатывать гильзу, отрезать часть и измерять специальными щипцами. Разработка компании «Системы компьютерного зрения» позволит производить замеры бесконтактно и без отрыва от производства. Это значительно экономит время и позволит контролировать размер каждой гильзы, а не случайно выбранной. Кроме того, система сохраняет данные об агрегатах: оператор может просмотреть время их выхода из печи и затем использовать эту информацию для принятия решений.

При необходимости сотрудники завода смогут установить дополнительное оборудование для гильз, чтобы точнее определить их длину (рис. 1).

Цифровой двойник можно внедрить на любом опасном производстве, где человек вынужден работать в тяжелых условиях. Например, на предприятиях

нефтегазодобывающего комплекса, где есть такие трудоемкие и опасные процессы, как, например, сейсморазведка, работа в цехах по изготовлению взрывчатых материалов (они используются при горнопроходческих работах в геологоразведке, строительстве объектов под землей и добыче полезных ископаемых) и участках ведения буровых работ. Эти процессы можно цифровизировать и создать по ним полностью виртуализированный производственный маршрут. Цифровым двойником можно охватить как весь производственный цикл, так и его часть, отдельную систему, процесс или компонент — это зависит от конкретных задач.

Роль технологии дополненной реальности в производстве

Дополненная реальность (AR) — технологическая инновация, которая позволяет накладывать виртуальные изображения на объекты реального мира. С ее помощью пользователь собирает расширенную информацию из цифровых данных в реальном времени и применяет ее к производственным сценариям.

На производстве AR улучшает процесс обслуживания оборудования: предоставляет бригадам актуальную информацию о нем и историю произведенных над ним действий, сигнализирует о возможных проблемах. Несомненный плюс AR в промышленности — портативность, которой удалось достичь благодаря адаптации технологии на планшетах и мобильных устройствах. Это особенно важно в условиях непрерывного производства.

Система AR-сопровождения на Северском трубном заводе предусматривает работу в двух режимах — ознакомительном и технологическом. В ознакомительном режиме сотрудники завода могут как проводить экскурсии для посетителей и знакомить их с территорией завода, так и адаптировать новых сотрудников. При этом пользователи, наводя телефон

на оборудование, получают на AR-стикерах данные о том, для чего оно предназначено и каков его основной принцип работы. Технологический режим используется мастерами и бригадами цеха. С помощью мобильного телефона с установленным на нем приложением они могут проверить степень износа устройств, последнюю дату профилактики и выявить другие проблемы, которые косвенно или напрямую могут отразиться на качестве конечного продукта.

Система позволяет выполнить локализацию в построенной 3D-реконструкции помещения с одного снимка, разных ракурсов и при движении, получить данные, связанные с текущим местоположением — пользователь видит их на экране телефона в виде AR-меток. Эта процедура занимает менее 20 с. Мобильное устройство оперативно распознает, в какой точке помещения оно находится, опираясь на фотографию, которая хранится в облаке (рис. 2).

Предприятия все активнее изучают потенциал дополненной реальности и используют ее для самых разных целей: отследить и решить технические проблемы, привлечь новых клиентов и повысить лояльность существующих, модернизировать производство и обучить сотрудников. В каждом случае AR позволяет получать уникальный интерактивный опыт с меньшими затратами. Интересом бизнеса к технологии обусловлен рост мирового рынка дополненной реальности: в 2020 г. его объем оценивался в 17,67 млрд долл. США, и в ближайшие семь лет он будет увеличиваться в среднем на 43,8% в год. Один из стимулов активного роста — стремление компаний оптимизировать бизнес-процессы, что позволит превзойти конкурентов, отказавшихся от внедрения инноваций.

Сегодня AR используется сферой здравоохранения для разработки хирургических симуляторов, предприятиями-ритейлерами одежды и обуви — для «примерки» продукции, в строительстве — для создания 3D-моделей объектов. Иммерсивные инстру-

менты внедряются и в образовании — учебные заведения постепенно приходят к тому, что технологии призваны не только развлекать, но и обучать. Школьники и студенты вузов охотно взаимодействуют с устройствами с поддержкой AR, которые вовлекают их в изучение сложных предметов. Геймификация и использование 3D-анимаций и стикеров в дополненной реальности делают этот процесс понятнее и увлекательнее.

Опыт ведущих промышленных компаний, которые решают с помощью AR различные задачи (от организационных до конструкторских),



Рис. 2. Система AR-сопровождения на производстве в действии

показывает, что симбиоз физических и виртуальных объектов в режиме реального времени приносит им существенную выгоду по ряду направлений. Повышается производительность обслуживания, возрастает скорость выполнения задач, а число ошибок снижается до минимума.

Экономический эффект цифровой трансформации: опыт ТМК

У ТМК есть положительный опыт внедрения цифровых технологий в производство. Цифровые двойники прокатных станов созданы на двух трубных заводах ТМК – Северском и Волжском трубном заводах. За их внедрение ученые и инженеры компании получили в 2020 г. премию правительства РФ в области науки и техники для молодых ученых. В апреле 2021 г. компания отчиталась об экономических результатах от внедрения, отметив, что они превзошли инвестиции в разработку.

Технологии помогли компании вывести качество конечной продукции (труб) на новый уровень, успешно задействовать в производстве новые марки стали и сократить издержки. При этом дополнительная прибыль от внедрения цифровых двойников прокатных станов составила порядка 500 млн руб.

Выводы

Цифровая трансформация производства – одно из важных направлений стратегического развития крупных компаний, которые осознали выгоду как в части снижения операционных затрат, так и в последующем росте продаж. По этому пути идут многие представители бизнеса – передовые решения внедряются

в разных областях, и с каждым годом этот тренд усиливается.

Своевременное обнаружение дефектов в трубопрокатной промышленности позволяет производителям поднять планку стандарта качества. Внедрение цифровых двойников способствует развитию производства, а технологии дополненной реальности, компьютерного зрения и машинного обучения помогают создавать максимально эффективные цифровые копии. При правильной реализации они превосходят ручной контроль, обеспечивая более высокие показатели точности, способствуют повышению производительности и пропускной способности, снижению производственных затрат и увеличению прибыли.

Список литературы

1. Дозорцев В.М. Цифровые двойники в промышленности: генезис, состав, терминология, технологии, платформы, перспективы. Ч. 1. Возникновение и становление цифровых двойников. Как существующие определения отражают содержание и функции цифровых двойников? // Автоматизация в промышленности. 2020. №9.
2. Дозорцев В.М. Цифровые двойники в промышленности: генезис, состав, терминология, технологии, платформы, перспективы. Ч.2. Ключевые технологии цифровых двойников. Типы моделирования физического объекта // Автоматизация в промышленности. 2020. №11.
3. Дозорцев В.М. Цифровые двойники в промышленности: генезис, состав, терминология, технологии, платформы, перспективы. Часть 3. Прикладные платформы, практические примеры, прогнозы развития, вызовы // Автоматизация в промышленности. 2021. №1.

Смирнов Михаил Николаевич - технический директор компании «Системы компьютерного зрения».

Помощь в любой ситуации: компания Aeromotus оборудовала уникальный пункт для управления дронами

Компания Aeromotus, которая занимается внедрением беспилотных решений для промышленности и выступает официальным дилером DJI в России, представила уникальный передвижной пункт для дистанционного управления дронами. Комплекс поможет в работе аварийно-спасательных служб – специалисты смогут оперативно получать информацию с места ЧП, поисково-разыскных миссий и массовых мероприятий.

Комплекс рассчитан на автономную и непрерывную работу в течение длительного времени. Он оборудован с учетом максимального удобства и эффективности работы. Так, собранные дронами данные автоматически передаются на командный пункт, что позволяет оперативно реагировать на ситуацию и принимать решения.

В основе подвижного пункта управления – Ford Transit, однако может использоваться аналог другого производителя. Полноприводная колёсная формула позволяет комплексу не бояться бездорожья и проезжать даже в труднодоступные места. Для удобства использования фургон разделен на три отделения: операторское, грузовое и водительское. Первые два отсека выполнены с алюминиевым покрытием в качестве декоративного покрытия. Такое решение обеспечивает дополнительную тепло- и шумоизоляцию отсеков. Для удобства использования передвижного комплекса предусмотрены кондиционер и автономный обогреватель, а также дополнительное внешнее освещение и телескопическая выдвижная антенна.

Рабочие места для операторов беспилотников расположены в операторском отсеке. Они оснащены удобными креслами, всем необходимым оборудованием, в том числе пультом управления и мониторами, и специальными отсеками для хранения. В грузовом отсеке предусмотрены специальные стеллажи с системой крепления для безопасной перевозки дронов, зарядной станции и остального оборудования, а также для размещения инструментов и дополнительных принадлежностей.

Мобильный пункт управления позволяет доставлять оборудование и персонал к месту ЧС в любых погодных и дорожных условиях, проводить неотложные и аварийно-спасательные операции любой сложности. Например, можно организовать воздушную разведку в зоне работ по ликвидации последствий ЧС или вести высокоточную съемку на месте аварии. Это особенно актуально, если существует опасность для человека – например, радиационная.

Мобильный комплекс пригодится и в других ситуациях. Например, для обнаружения опасных веществ и загрязнений местности – для безопасной оценки ситуации на беспилотник устанавливается камера и газоанализатор воздуха. Решение облегчит работу как служб быстрого реагирования, так и специалистам, проводящим инспекции промышленности и инфраструктур компаний – электростанций, нефте- и газопроводов, автомобильных и железных дорог и других крупных объектов. Кроме того, передвижные пункты станут находкой для обеспечения безопасности на море и в портах.

[Http://aeromotus.com](http://aeromotus.com)