УДК 339.137.22

Шлапак Александр Сергеевич

Shlapak Alexander Sergeevich

ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова», г. Москва, Россия

Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

аспирант
ashlapak39@gmail.com

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

ECONOMIC EFFICIENCY OF DIGITAL TWINS IN INDUSTRIAL ENTERPRISES

Аннотация. Рост популярности технологии цифровых двойников существенно изменяет подходы предприятий к ведению бизнеса. Цель данной работы заключается в обзоре существующей литературы и изучении того, как цифровые двойники способствуют оптимизации интеллектуальной автоматизации в различных секторах.
Ключевые слова: Технологии цифровых двойников, интернет вещей, искусственный интеллект, расширенная реальность, здравоохранение, автомобильная индустрия, авиационная индустрия, строительство и недвижимость.

Abstract. The rise of digital twin technology is significantly changing the way enterprises conduct business. The purpose of this paper is to review the existing literature and explore how digital twins are helping to optimize intelligent automation in various sectors.
Keywords: Digital twin technologies, internet of things, artificial intelligence, augmented reality, healthcare, automotive industry, aviation industry, construction and real estate.

Введение. Сегодня технология цифровых двойников (Digital Twin) используется во многих отраслях для создания точных виртуальных представлений объектов и моделирования операционных процессов. В 2019 году исследование Gartner показало, что примерно 75% компаний Интернета вещей (IoT) используют технологию Digital Twin или планируют использовать ее к 2020 году. Gartner прогнозирует внедрение Digital Twin в проектную деятельность для оптимизации и повышения доходов в более 40% мировых крупных компаний к 2027 году. [1].

Digital Twin, или чаще называемая цифровой двойник — это передовая технология, которая произвела революцию в отрасли, отражая практически каждый аспект продукта, процесса или услуги. Она обеспечивает создание виртуальных копий физических объектов и предоставляет инженерам ценные данные из цифрового пространства для анализа и обратной связи. Благодаря этому компании могут оперативно выявлять и устранять физические проблемы, разрабатывать более качественные продукты, а также быстрее реализовывать преимущества и ценность своих решений. Кроме того, применение Digital Twin способствует оптимизации бизнес-процессов и повышению производительности предприятий.

Методы. Написание статьи осуществлялось с применением абстрактнологического, системного методов, использовались экспертно-аналитические методы и комплексный анализ публикаций, отчетов и других источников информации.

Результаты. Энциклопедия производственной инженерии утверждает, что «цифровой двойник — это представление активного уникального «продукта», который может быть реальным устройством, объектом, машиной, услугой, нематериальным активом или системой, состоящей из продукта и связанных с ним услуг». В целом цифровой двойник представляет собой виртуальную модель физических объектов, охватывающую их полный жизненный цикл. Он позволяет анализировать, исследовать и взаимодействовать с данными в реальном времени или в рамках имитационной модели, которая получает информацию с объектов и инициирует действия для управления физическими устройствами.

Одним из первых примеров использования технологии Digital Twin стало применение инженерами NASA в 1970 году симуляторов и цифровых двойников командного модуля и его электрической системы для решения критической ситуации на борту Apollo 13. За менее чем два часа они смогли устранить проблему и спасти жизни троих астронавтов. Это было выдающееся раннее применение данной технологии, которая с тех пор значительно развилась. Сегодня NASA использует Digital Twins для проектирования современных транспортных средств и авиационной техники.

Три основных аспекта Digital Twins — это сбор данных, моделирование данных и применение данных. Digital Twin использует четыре технологии для сбора и хранения данных в реальном времени, получения информации для предоставления ценных сведений и создания цифрового представления физического объекта. К этим технологиям относятся Интернет вещей (IoT), Искусственный интеллект (AI), Расширенная реальность (XR) и Облачные вычисления. Кроме того, Digital Twin использует определенную технологию в зависимости от типа приложения в большей или меньшей степени.

Интернет вещей (IoT): IoT относится к гигантской сети связанных «вещей». Связь осуществляется между вещами-вещами, людьми-вещами или людьми-людьми. Цифровые двойники используют IoT в качестве основной технологии в любом приложении. IoT использует датчики для сбора данных с объектов реального мира, данные используются для создания цифрового дубликата физического объекта. Затем цифровую версию можно анализировать, обрабатывать и оптимизировать. IoT постоянно обновляет данные и помогает приложениям Digital Twin создавать виртуальное представление физического объекта в реальном времени.

Искусственный интеллект (AI): как дисциплина компьютерной науки, AI стремится имитировать основу интеллекта, чтобы создать новую интеллектуальную машину способную функционировать по аналогии с человеческим разумом. Сферы его применения охватывают робототехнику, обработку изображений и распознавание речи. Благодаря технологиям, таким как нейронные сети, машинное обучение, глубокое обучение и экспертные системы, AI становится мощным инструментом для цифровых двойников. Он автоматически обрабатывает поступающие данные, генерирует полезные инсайты, прогнозирует возможные исходы и предлагает решения для предотвращения потенциальных проблем.

Расширенная реальность (XR) объединяет технологии погружения, такие как виртуальная реальность (VR), дополненная реальность (AR) и смешанная реальность (MR), создавая обобщённое понятие. Эти технологии интегрируют физические и виртуальные миры, расширяя наши возможности восприятия окружающей реальности. XR формирует цифровые модели объектов, где реальные и виртуальные элементы сосуществуют и взаимодействуют в режиме реального времени. Цифровые двойники используют потенциал XR для создания виртуальных копий физических объектов, предоставляя пользователям возможность взаимодействия с цифровым контентом.

Облачные вычисления: это технология, которая предоставляет услуги через Интернет, обеспечивая эффективное хранение и доступ к данным. Она предоставляет цифровым двойникам инструменты для обработки данных и облачного хранения. Благодаря облачным вычислениям Digital Twin может хранить большие объемы данных в виртуальном облаке и получать к ним доступ из любого места. Это помогает сокращать время вычислений сложных систем и решать проблемы, связанные с хранением и передачей.

Технологические достижения в сенсорах, системах мониторинга и инструментах принятия решений, обусловленные Четвёртой промышленной революцией, обеспечили точное внедрение технологии Digital Twin для реального времени мониторинга и оптимизации процессов.

Существует множество потенциальных вариантов использования Digital Twinning в производстве, включая мониторинг, моделирование и удаленное управление физическими активами с помощью виртуальных объектов. Кроме того, технология Digital Twin может помочь производству повысить удовлетворенность клиентов за счет лучшего понимания их потребностей, разработки усовершенствований существующих продуктов, операций, услуг и содействия внедрению новых бизнес-инноваций. Используя возможности Digital Twin, производственные компании могут перейти от реактивного к прогнозирующему. Они могут предсказать, когда оборудование изнашивается или нуждается в ремонте, улучшить производительность машины, продлить срок ее службы и узнать, как его перепроектировать, чтобы сделать еще лучше. Кроме того, цифровые двойники позволяют им выполнять проектирование на основе использования и предпродажной аналитики, а также добавлять интеллектуальные возможности в ручные процессы для улучшения прозрачности потребностей клиентов.

Продуктовый дизайн: Внедрение новых продуктов или услуг оказывает влияние на всю организацию и имеет стратегическое значение для её успеха. Поэтому решения, связанные с разработкой продуктов и услуг, являются одними из ключевых задач для менеджеров. Digital Twin позволяет создавать виртуальную модель производственного актива, которая собирает данные и открывает возможности для проектирования, построения, тестирования и совершенствования предиктивной аналитики и автоматизации. На этапе разработки инженеры могут использовать цифровой двойник для тестирования различных вариантов конструкции, прежде чем создавать физический прототип. Это помогает сократить их количество, сэкономить время и снизить себестоимость продукции. Также накопленные данные могут быть применены инженерами и дизайнерами для повышения качества, персонализации и удобства использования продукта, что улучшает удовлетворение ожиданий клиентов.

Проектирование и оптимизация процессов: Digital Twin предоставляет производителям возможность мониторинга процессов в различных условиях работы, позволяя выявлять и устранять потенциальные проблемы до их возникновения. Это способствует переходу от реактивного подхода к предиктивному управлению. Кроме того, Digital Twin превращает текущие активы в эффективные инструменты для оптимизации процессов, снижения затрат и ускорения внедрения инноваций.

Управление цепочкой поставок: Постоянный рост затрат на управление цепочкой поставок негативно сказывается на результатах всех участников рынка. Поэтому минимизация этих расходов становится одной из ключевых задач для производителей, ритейлеров и дистрибьюторов. Высокая эффективность цепочки поставок играет стратегическую роль, обеспечивая быструю окупаемость инвестиций — часто в течение нескольких месяцев — и способствуя улучшению производительности и росту прибыли. Цифровые двойники предлагают решения для множества задач, связанных с цепочкой поставок, таких как оптимизация процессов упаковки, управление автопарком и повышение эффективности маршрутов. Также они помогают внедрять подходы «точно вовремя» и «точно в последовательности», проводить анализ маршрутов и повышать общую эффективность распределения. Эта технология занимает ключевое

место на всех этапах цепочки поставок, начиная с разработки и создания продукта и заканчивая его дистрибуцией, облегчая мониторинг, анализ и улучшение таких показателей, как упаковка, автопарк и маршруты доставки.

Профилактическое обслуживание: Профилактика направлена на прогнозирование оптимального времени для проведения ремонта или обслуживания компонентов и систем, что позволяет снизить затраты и увеличить время их бесперебойной работы. Цифровые двойники способны моделировать оборудование или производственные процессы, выявляя отклонения, которые сигнализируют о необходимости профилактического вмешательства. Основная цель заключается в анализе, прогнозировании, диагностике и оценке состояния системы для обеспечения её эффективного обслуживания. Это позволяет предотвратить дорогостоящие сбои до возникновения серьёзных проблем. Кроме того, цифровые двойники помогают выбирать более качественные материалы и методы, оптимизировать рабочие циклы, нагрузку и точность настройки инструментов.

Межфункциональное сотрудничество: Цифровые двойники активно применяются для длительного сбора и анализа операционных данных. Эти данные предоставляют ценную информацию о производстве продуктов, логистике и опыте конечных пользователей. Инженеры, специалисты по производству, продажам и маркетингу могут совместно использовать эти данные для принятия более взвешенных и обоснованных решений, способствуя эффективному взаимодействию между различными подразделениями.

Применение в сфере сельского хозяйства: Сельскохозяйственные процессы отличаются высокой сложностью и динамичностью, так как зависят от множества природных факторов, включая климатические условия, болезни, состояние почвы, сезонные изменения и погодные колебания. Технология цифровых двойников предоставляет новые возможности для управления сельским хозяйством, позволяя отделять физические аспекты фермерской деятельности от информационных. Виртуальная модель фермы, созданная с помощью этой технологии, обладает огромным потенциалом для повышения эффективности и производительности, одновременно сокращая потребление энергии и снижение затрат. Однако стоит отметить что использование цифровых двойников в интеллектуальном сельском хозяйстве всё ещё находится на раннем этапе развития и демонстрации.

Применение в сфере здравоохранение: В здравоохранении потенциал Digital Twins практически безграничен. Пандемия COVID-19 стала катализатором ускоренной цифровой трансформации в отрасли здравоохранения. Возникла необходимость повысить эффективность цифровых процессов для поддержки масштабных изменений в условиях пандемии. Как и в других сферах, отрасль стремится оптимизировать эффективность и сократить расходы. Поставщики услуг сталкиваются с вызовами цифровой трансформации и адаптации к увеличивающимся ожиданиям пациентов, что стимулирует интерес к технологии Digital Twin.

Особенно более востребованной технология цифровых двойников оказалась в области разработки и исследования лекарств. Например, компания Dassault разработала экспериментальный Digital Twin человеческого сердца, который превращает двумерные изображения в точную полноразмерную модель органа — «Живое сердце». Эта модель включает реалистичное представление кровотока, механики и электрических процессов, что позволяет использовать её на глобальном уровне для разработки новых устройств и методов лечения [2].

Кроме того, Digital Twins применяются для создания цифровых копий пациентов, медицинских учреждений и оборудования. Основные цели этой технологии включают мониторинг, анализ и прогнозирование в таких аспектах, как персонализация медицинской помощи, профилактическое обслуживание объектов здравоохранения и оптимизация затрат на исследования и разработки.

Автомобильная и авиационная индустрии:

Интенсивная конкуренция за внедрение передовых технологий и инновационных решений в автомобилестроении побуждает производителей активно инвестировать в НИОКР и автоматизацию процессов. Многие автопроизводители внедряют технологии, такие как Digital Twin, включая интерактивные автомобильные панели на веб-сайтах для улучшения взаимодействия с клиентами. Это позволяет пользователям персонализировать автомобили, а компаниям — анализировать поведение потребителей и совершенствовать текущие модели. В аэрокосмической отрасли эта технология также широко применяется, включая обслуживание самолётов, мониторинг их состояния, контроль веса, анализ погодных условий, точное измерение времени полёта и обнаружение дефектов. Например, крупнейшая мировая аэрокосмическая компания Boeing активно использует Digital Twin для повышения качества и безопасности деталей и систем, применяемых при производстве коммерческих и военных самолётов. Благодаря этому компания заявляет о 40% улучшении качества своей продукции [3].

Строительство и недвижимость: Применение цифровых двойников как виртуальных копий физических активов в строительстве и сфере недвижимости открывает новые горизонты в управлении проектами и активами. Эти технологии, схожие с информационным моделированием зданий (BIM), которое уже многие годы используется в строительной отрасли. BIM представляет собой цифровую модель физических и функциональных характеристик объектов, предоставляющую детальную информацию о проекте: геометрию, пространственные взаимосвязи, геолокацию, свойства компонентов и многое другое [4]. Однако в отличие от BIM, который предоставляет статические данные, цифровые двойники используют сенсоры и предлагают данные в реальном времени, что делает возможным оперативный контроль за проектами.

С помощью цифровых двойников строительные компании могут эффективно управлять процессами, выявлять потенциальные проблемы и своевременно адаптировать свои стратегии. Это позволяет завершать проекты безопасно, в срок, в рамках бюджета и с соблюдением оговоренного качества. Более того, Digital Twin помогают отслеживать ресурсы, такие как материалы, персонал и оборудование, а также контролировать безопасность и планировать логистику.

В недвижимости цифровые двойники предоставляют всеобъемлющий обзор состояния и производительности активов, что позволяет владельцам и агентам принимать обоснованные решения. В результате использование цифровых двойников в строительстве и недвижимости открывает беспрецедентные возможности для повышения эффективности в затратах, времени, устойчивости и безопасности, делая их ключевым инструментом для отрасли.

Заключение. В последние годы технология Digital Twin привлекла значительное внимание как со стороны промышленности, так и со стороны академических кругов. В литературе существуют различные определения этой технологии, поскольку этот термин применяется к различным направлениям в разных дисциплинах. Концепцию Digital Twin можно описать как бесшовную интеграцию данных между физической и виртуальной машиной в обоих направлениях. Обзор источников показывает, что широта и влияние Digital Twin продолжают расширяться, что делает ее быстрорастущим ИТ-решением в различных отраслях.

Растущий спрос на автоматизацию в различных отраслях промышленности является ожидаемым фактором, который вызовет высокий спрос на платформу Digital Twin в будущем. По мере того, как экономика ищет все новые пути оптимизации в условиях высокой инфляции, кадровых и логистических ограничений, решения Digital Twin могут сыграть более важную роль в различных отраслях. Преимущества слишком обширны и все еще не полностью изучены, несмотря на то, что существуют проблемы с обеспечением качества и безопасности данных, возросший спрос на работу с данными и их хранение, а также интеграцию с существующими инфраструктурами, решения Digital Twin обеспечивают локальную цифровую революцию. В будущем решения будут сочетаться с большим количеством технологий, таких как

дополненная реальность (AR), для захватывающего опыта и возможностей AI для лучших подключений, понимания и аналитики. Кроме того, больше технологий позволяют нам использовать решения Digital Twin, устраняя необходимость проверять «реальную» вещь.

Библиографический список

1. Опрос Gartner показывает, что цифровые близнецы вступают в основное использование [Электронный ресурс]. - URL: https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2019-02-20-gartner-survey-reveals-digital-twins-are-entering-mai
2. Dassault Systems Проект живого сердца [Электронный ресурс]. - URL: https://www.3ds.com/products-services/simulia/solutions/life-sciences-healthcare/the-living-heart-project/
3. Генеральный директор Boeing: «Цифровая эра авиации» [Электронный ресурс]. - URL: https://www.aviationtoday.com/2018/09/14/boeing-ceo-talks-digital-twin-era-aviation/
4. BIM-технологии (рынок России) Информационное моделирование зданий и сооружений [Электронный ресурс]. - URL: https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:BIM-%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B8_(%D1%80%D1%8B%D0%BD%D0%BE%D0%BA_%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B8)