

***ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ: ИСТОРИЧЕСКИЙ ОПЫТ,
КЛАССИФИКАЦИЯ, ПРЕИМУЩЕСТВА И РИСКИ***

Кудинова М.Г.

канд. экон. наук, доцент,

заведующий кафедрой финансов, бухгалтерского учета и аудита

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет»,

Барнаул, Россия

Туртулова И.Р.

бакалавр,

ФГБОУ ВО Алтайский государственный аграрный университет,

Барнаул, Россия

Аннотация

В статье рассмотрен исторический опыт возникновения цифровых двойников, отражена классификация цифровых двойников. Рассмотрен зарубежный и отечественный опыт внедрения цифровых двойников, рассмотрены преимущества и риски внедрения цифровых двойников на промышленных предприятиях. Сделан вывод, что несмотря на некоторые ограничения и риски, использование цифровых двойников на производстве предлагает значительные преимущества для компаний, помогая им повысить эффективность и конкурентоспособность на рынке.

Ключевые слова: цифровые двойники, классификация, риски, преимущества, виртуальные представления, анализ данных.

***DIGITAL DOUBLES: HISTORICAL EXPERIENCE, CLASSIFICATION,
ADVANTAGES AND RISKS***

Kudinova M.G.

*Ph.D. in Economics, Associate Professor,
Head of the Department of Finance, Accounting and Audit
FSBEI HE «Altai State Agricultural University»,
Barnaul, Russia*

Turtulova I.R.

*Bachelor,
FSBEI HE 1Altai State Agricultural University,
Barnaul, Russia*

Abstract

The article examines the historical experience of the emergence of digital twins, reflects the classification of digital twins. The foreign and domestic experience of the introduction of digital twins is considered, the advantages and risks of the introduction of digital twins in industrial enterprises are considered. It is concluded that despite some limitations and risks, the use of digital twins in production offers significant advantages for companies, helping them to increase efficiency and competitiveness in the market.

Keywords: digital twins, classification, risks, advantages, virtual representations, data analysis.

Введение. Вопрос перехода к высокотехнологичным и эффективным производствам в условиях глобальной конкуренции в последние десятилетия стал особенно актуален. Благодаря стремительному развитию информационных технологий появилась возможность сбора, хранения, передачи и анализа больших массивов данных, что привело к пересмотру стандартных подходов к управлению производственными процессами на

предприятиях. В ряде стран мира были разработаны и приняты программы стратегического развития промышленности, например, „Платформа индустрия 4.0“ (Германия), „Сделано в Китае 2025“ (Китай), „Фабрика будущего“ (Франция), „Национальная технологическая инициатива“ (Россия) и др. Все они направлены на повышение производительности труда, внедрение современных наукоемких технологий и повышение экономической эффективности производств [7].

На практике внедрение этих стратегий проявляется в повышении уровня автоматизации предприятий и в более широкой цифровизации производственных процессов. Фундаментальные причины возникновения подобных изменений кроются в необходимости быстрого и точного моделирования продукта и его производственной технологии с целью экономии ресурсов и сохранения рентабельности производства в современных условиях, когда запрос на выпуск „кастомизированной“ (т.е. индивидуализированной под запросы конкретных потребителей) продукции существенно возрос. Исследователями активно обсуждаются переход к так называемому „умному производству“ („smart manufacturing“) — управлению, основанному на сетевых информационных технологиях и анализе больших объемов данных [2].

Подход, позволяющий объединить различные технологии автоматизации и описывающий процесс взаимодействия между виртуальным (данные, поступающие с датчиков, математические и геометрические модели) и физическим (станки, исполнительные механизмы, роботы) мирами, получил название „Цифровой двойник“ („Digital Twin“ — DT). Компания „Gartner“ (США), которая является ведущей мировой исследовательской и консалтинговой компанией и членом S&P 500, в 2018 г. включила цифровые двойники в список 10 стратегически важных технологий. В компании считают, что к 2021 г. половина крупных промышленных компаний будет использовать цифровые двойники, причем

„цифровые двойники в контексте проектов Интернета вещей являются особенно многообещающими в течение следующих трех-пяти лет“ [8].

В настоящее время многие российские промышленные компании внедряют различные виды цифровых двойников в свою деятельность. Рассмотрим примеры таких компаний.

«Северсталь» совместно с SAP и PwC внедрила цифровой двойник бизнес-процессов для оптимизации закупочной деятельности, управления внешней логистикой автотранспорта. В данном случае такая технология используется для просмотра всех выполняемых операций и отслеживания взаимосвязей между действиями, совершаемыми пользователями.

В компании «СИБУР» – «Томскнефтехим» в 2020 году был разработан цифровой двойник – физико-химическая модель технологического процесса. Данные модели позволяют проводить «what-if-анализ» для различного состава сырья, технологических режимов и т.д. При помощи цифрового моделирования на производстве полимеров удалось сократить удельный расход дорогостоящих добавок на 12%, а эффект экономии от внедрения технологии оценивается в 50–60 млн руб. ежегодно [6].

Цифровые двойники и их типовая функциональность.

Цифровой двойник (Digital Twin) производства – это цифровая 3D-имитационная модель производственной ячейки, линии, участка, цеха или производственного комплекса в целом. В данной модели может быть выполнена симуляция реализуемых в производстве основных и вспомогательных производственных, технологических, логистических и иных процессов, с целью расчёта и оптимизации требуемых организационно-технологических и технико-экономических параметров производства, с требуемой точностью и детализацией симуляции, вплоть до полной идентичности по всем цифровым параметрам, получаемым как из модели, так и из реального производства [7].

Причём цифровой двойник производства должен обладать возможностью в среде цифровой модели симулировать процесс создания цифровой модели производимой продукции – т. е. создать цифровой двойник продукта (или изделия). Проблематике создания цифровых двойников продукции, моделирования всех процессов работы продукта в двойнике на всём протяжении его жизненного цикла посвящено немало публикаций и работ. Далее в данной статье мы не будем рассматривать цифровые двойники продуктов и сосредоточимся на цифровых двойниках именно производства (производственной системы и её компонентов) [9].

Создание цифровых двойников может осуществляться с использованием различных технологий, в зависимости от того, создаётся ли двойник для будущего производства, и от того, в какой стадии проектирования находится данный производственный объект, или же он создаётся для уже существующего производства, а также в зависимости от назначения создаваемого двойника и степени требуемой детализации имитационной модели [3,5,6].

Классификация цифровых двойников. Одну из первых классификаций цифровых двойников приводит М. Гривс. В работе он указывает, что существует два вида цифровых двойников и вводит следующие понятия:

— цифровой двойник-прототип (Digital Twin Prototype — DTP) — полное определение физического объекта, достаточное для его создания, которое содержит: полностью аннотированные 3D-модели, спецификации, описание технологии производства и информацию по эксплуатации и обслуживанию;

— цифровой двойник-экземпляр (Digital Twin Instance — DTI) — цифровой двойник конкретного экземпляра продукта после его изготовления, с которым он остается связанным на протяжении всего жизненного цикла изделия; помимо информационных наборов, необходимых для DTP, в DTI содержится информация о сервисных

операциях и испытаниях, а так- же геометрических допусках и параметрах конкретного изделия; эта информация, а также актуальные данные, поступающие с датчиков, накапливаются и могут использоваться для предсказания будущего поведения данного экземпляра.

При этом цифровые двойники функционируют в „окружении (среде) цифровых двойников“ (Digital Twin Environment — DTE) — интегрированном многодоменном прикладном пространстве для работы с цифровыми двойниками в различных целях. Такими целями могут быть:

— прогностическая: использование цифрового двойника для предсказания будущего поведения и производительности физического объекта;

— опросная: запрос прошлых данных за любой период функционирования изделия, запрос текущего состояния [7].

Классификация Гривса приводится во многих работах, посвященных цифровым двойникам. Однако, с практической точки зрения, более удобной представляется классификация, приведенная на рис. 1.



Рис. 1 – Классификация цифрового двойника [7]

Цифровой двойник продукта позволяет разрабатывать изделия, удовлетворяющие большому числу параметров и ограничений, проводить виртуальные испытания и вносить изменения в конструкцию без необходимости изготовления реальных прототипов. Данный подход позволяет учесть на стадии проектирования значительно большее число

характеристик будущего изделия, чем это возможно при традиционном подходе к конструированию. При этом натурные испытания могут быть пройдены с первого раза, что значительно повышает экономическую эффективность процесса разработки уникальных и мелкосерийных изделий.

Среди преимуществ, обусловленных внедрением цифровых двойников, можно отметить следующие:

новый уровень контроля и прозрачности производственных процессов;
сокращение затрат на ремонт, уменьшение простоя за счет предиктивной аналитики состояния оборудования;

-симуляция изменений и проверка гипотез "а что если? " в виртуальной среде без необходимости реальных изменений в физическом мире, что позволяет сократить затраты на оптимизацию и снизить риски;

-повышение качества выпускаемой продукции за счет изменения подхода к производству (матрица из тысяч целевых показателей может быть заложена на этапе разработки) и постоянной оптимизации на основе анализа данных;

-следующий уровень приближения к полному контролю над производством с помощью цифровых технологий и к созданию полностью автономных производств [4].

Однако существуют и риски, возникающие при пилотном внедрении данной концепции:

-недостаточный уровень автоматизации производств;

-необходимость покрытия территории предприятия высококачественными беспроводными сетями для полномасштабного функционирования IoT;

-сложность объединения, анализа и обработки разнородных данных, поступающих из большого количества различных источников;

-долгосрочный возврат инвестиций, что затрудняет принятие решений об использовании технологии ввиду неочевидности экономических эффектов на ранних стадиях внедрения;

-необходимость владения большим набором математических и IT-компетенций, таких как: математическое моделирование процессов и систем, машинное обучение, искусственный интеллект, работа с большими данными, анализ данных и др.; зачастую это означает необходимость привлечения внешних исполнителей, которым нужно предоставить высокий уровень доступа к процессам, оборудованию и технологиям предприятия.

Несмотря на большое количество исследований и публикаций на данную тему, для отдельно взятой компании построение и внедрение цифрового двойника по-прежнему является сложным и длительным процессом [1]. Дискуссии среди представителей промышленности и исследователей продолжаются, однако первые шаги в области государственной стандартизации цифровых двойников в Российской Федерации уже отражены в документе ПНСТ 429- 2020, который является предварительным национальным стандартом (дата введения в действие 01.01.2021). Стандарт кратко описывает общие положения и основополагающие принципы цифровых двойников [7].

Таким образом, несмотря на некоторые ограничения и риски, использование цифровых двойников на производстве предлагает значительные преимущества для компаний, помогая им повысить эффективность и конкурентоспособность на рынке. Оптимизация производственных процессов, предсказание и предотвращение отказов, обучение персонала и ускорение разработки новых продуктов - все это делает цифровые двойники важным инструментом в цифровой трансформации экономики.

Библиографический список:

1. Векторы развития цифровой экономики и ее внедрение в сельское хозяйство аграрно-ориентированного региона / М. Г. Кудинова, В. А. Сальник, Е. С. Горбатко, Н. М. Сурай // Инновации и инвестиции. – 2021. – № 12. – С. 236-242. – EDN QMXIHU.

2. Костин К.Б., Березовская А.А. Современные технологии цифровой экономики как драйвер роста мирового рынка товаров и услуг // Экономические отношения. - 2019. - Т. 9. - № 2. - С. 455–480.

3. Кудинова, М. Г. Внедрение цифровой экономики на основе искусственного интеллекта в сельское хозяйство Российской Федерации / М. Г. Кудинова, Е. А. Шелепова // Трансформация социально-экономической модели развития страны: необходимость, возможности, направления : Материалы XV международной научно-практической конференции, Барнаул, 18–19 мая 2023 года / Под общей редакцией В.А. Ивановой, П.А. Косёнковой. – Барнаул: Издательство "Перо", 2023. – С. 111-116. – EDN NKLVVY.

4. Пономарев К.С. Цифровой двойник производства как инструмент цифровизации технологических процессов предприятия / К.С. Пономарев, А.Н. Феофанов // Актуальные тренды и перспективы развития науки, техники, технологий: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции / Под общ. ред. Е. П. Ткачевой. - Белгород: ООО Агентство перспективных научных исследований (АПНИ), 2019.- С. 141 - 144.

5. Пономарев К.С., Феофанов А.Н., Гришина Т.Г. ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК ПРОИЗВОДСТВА – СРЕДСТВО ЦИФРОВИЗАЦИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ //Управление в социальных и экономических системах АВТОМАТИЗАЦИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПРОЕКТИРОВАНИИ И УПРАВЛЕНИИ. - 2019.- № 2 (4) [Электронный

ресурс]. – Режим доступа – URL: <https://naukaru.ru/ru/nauka/article/28857/view> (Дата обращения 15.12.2023).

6. Травушкина А.А., Щелокова А.Н., Шиболденков В.А., Юсуфова О.М. Обзор перспектив развития технологии цифровых двойников продуктов, услуг и сервисов в секторе материального производства // ВОПРОСЫ ИННОВАЦИОННОЙ ЭКОНОМИКИ.-2022.- Т. 12.- №3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа – URL: <https://1economic.ru/lib/115215> (Дата обращения 15.12.2023).

7. ЦАРЕВ М. В., АНДРЕЕВ Ю. С. ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ: ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ, КЛАССИФИКАЦИЯ, ТЕХНОЛОГИИ, СЦЕНАРИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ [Электронный ресурс]. – Режим доступа – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovye-dvoyniki-v-promyshlennosti-istoriya-razvitiya-klassifikatsiya-tehnologii-stsenarii-ispolzovaniya> (Дата обращения 15.12.2023).

8. Шпак П.С., Сычева Е.Г., Меринская Е.Е. Концепция цифровых двойников как современная тенденция цифровой экономики // Вестник

9. Юдина Т. Н. Цифровизация как тенденция современного развития экономики Российской Федерации: PRO Y CONTRA // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки СКАГС. - 2017. - № 3. - С. 1-5.

Оригинальность 92%