

**В. В. Лукьянович<sup>1</sup>, М. М. Хованская<sup>2</sup>**

*Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь, <sup>1</sup>lykianovichvladislav@gmail.com, <sup>2</sup>machulj@tut.by*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

В статье рассматриваются возможности использования цифрового двойника в деятельности промышленных предприятий, исследуются типы существующих промышленных цифровых двойников, основные требования, предъявляемые к данной системе и ключевые компоненты, которые она должна содержать. Представлены примеры использования цифровых двойников на промышленных предприятиях. Изложена методика оценки цифровой зрелости предприятия.

**Ключевые слова:** цифровая трансформация; цифровые двойники; бизнес-процессы; технологии; промышленность.

**V. V. Lukyanovich<sup>1</sup>, M. M. Khovanskaya<sup>2</sup>**

*Institution of Education "Baranavichy State University", Baranavichy, the Republic of Belarus, <sup>1</sup>lykianovichvladislav@gmail.com, <sup>2</sup>machulj@tut.by*

## **USING DIGITAL TWINS TECHNOLOGY IN INDUSTRY**

The article examines the possibilities of using a digital twin in the activities of industrial enterprises, examines the types of existing industrial digital twins, the main requirements for this system and the key components that it should contain. Examples of the use of digital doubles in industrial enterprises are presented. The methodology for assessing the digital maturity of an enterprise is described.

**Key words:** digital transformation; digital twins; business processes; technologies; industry.

**Введение.** В настоящее время происходит фундаментальная трансформация экономики, производства и управленческих отношений под влиянием цифровых технологий и инноваций. В связи с этим разработка новых стратегий и программ развития, направленных на комплексную модернизацию национальных экономик, стала актуальной задачей управления каждой страной мира.

Сейчас отрасль промышленности вступает на новую ступень — Индустрию 4.0. Компании и организации внедряют в свою работу «свежие» технологии, как промышленный искусственный интеллект, Интернет вещей и цифровые двойники. Использование этих технологий требует поиска соответствующих методов управления предприятиями, а их возможности позволяют получать дополнительные данные для анализа работы различных бизнес- и производственных процессов. Компании, которым важны и ценны преимущества этих систем, займут наилучшее положение на современном быстро меняющемся рынке.

**Основная часть.** Цифровизация — это средство достижения желаемых результатов: гибкого производства с необходимыми результатами для клиентов и высокой прибылью для владельцев. Цифровая трансформация похожа с процессом перевода из текущего состояния компании в «гибкое». Цифровые технологии, используемые компаниями, извлекают выгоду из конвергенции, которая делает данные о продуктах доступными на каждом этапе жизненного цикла продукта. Следовательно, вышестоящие руководители организации могут принимать более обоснованные решения и ускорять реализацию с точки зрения времени выхода на рынок, гибкости, качества, безопасности, операционной эффективности и создания новых бизнес-возможностей [1]. Процесс цифровизации рассматривается как внедрение различных цифровых технологий и их использование, и одной из таких концепций является концепция цифрового двойника.

За последние пять лет интеграция цифровых технологий в управление бизнес-процессами стала эффективным способом повышения эффективности, снижения затрат и усиления конкурентных преимуществ компании. Технология цифровых двойников развивается по пути интеграции проектных, инженерных и эксплуатационных данных для формирования надежной модели и унификации способов создания и тиражирования решений.

Ключевые требования к системе цифрового двойника:

1) сбор и обработка данных: цифровые двойники не ограничиваются лишь данными, собранными на стадии проектирования моделируемого объекта. Информационные системы продолжают

собирать и анализировать данные на протяжении всего жизненного цикла реальных объектов;

2) выбор сценария: возможен выбор наиболее подходящего сценария для проведения технических процессов, чтобы предотвратить нежелательные ситуации;

3) оцифровка объектов: оцифровываются реальные объекты с помощью специального оборудования, такого как квадрокоптеры или камеры LIDAR;

4) обработка аэрофотосъемки: данные мультиспектральной аэрофотосъемки, полученные с квадрокоптера, обрабатываются оператором с помощью ПО Pix4d Fields и загружаются в систему цифрового двойника для моделирования объектов [2].

Платформа цифрового двойника должна содержать следующие ключевые компоненты:

1) модуль управления процессами: прогнозирует будущие объемы работ для каждого оборудования, используя статистические данные и предыдущие тенденции;

2) модуль оптимизации: интегрированный по целевому функционалу с применением имитационных моделей предприятия, он позволяет принимать оптимальные (рациональные или неоптимальные) управленческие решения в условиях существующих ограничений.

Оценка цифровой зрелости предприятия включает анализ текущих бизнес-процессов и ИТ-инфраструктуры организации. Основная цель — выявление направления деятельности компании с высоким потенциалом для внедрения цифровых двойников, а также ключевых процессов, которые могут быть внедрены, их устойчивость и лояльность сотрудников компании. Оценка цифровой зрелости проводится в соответствии с методологией, выбранной руководством. Уровни цифровой зрелости промышленных компаний, по мнению Е. В. Попова, В. Л. Симоновой, В. В. Черепанова, представлены в таблице 1 [3].

При создании цифрового двойника сложного объекта процесс его формирования становится неотъемлемой частью цифровой трансформации этого объекта. Реальные и виртуальные миры взаимосвязаны от производства и эксплуатации продуктов, устройств и процессов до их утилизации.

Т а б л и ц а 1 — Уровни цифровой зрелости промышленного предприятия

Уровень	Суть	Характерные черты
Отсутствие	Ручной труд	Цифровые технологии не применяются
Существование	Применение цифровых технологий (ЦТ) в социальной жизни, не в производстве	Работники пользуются ЦТ в частном порядке, но не могут применить их в работе
Применение	Применение ЦТ для решения отдельных задач	ЦТ внедряются, но не замещают ручной труд
Использование	Построение процессов и обеспечение их взаимодействия с помощью ЦТ	ЦТ активно применяются, но суть процессов остается «аналоговым»
Замещение	Постепенное замещение функций управления, выполняемых человеком на ЦТ	В отдельных процессах происходит замещение ручного и машинного труда цифровыми технологиями. Работники постепенно переходят на разработку и внедрение технологий, которым перепоручается производство
Автономность	ЦТ создают процессы и взаимодействуют, создают предметы труда, налаживают производство без участия человека	Автономная работа предприятия без участия человека. Человек ориентирован только на создание цифровых технологий для предприятия

Информация с датчиков, отчеты пользователей и прочие данные, собранные в ходе производства и эксплуатации, должны постоянно передаваться цифровому двойнику. Кроме того, различные прогнозы и оценки, параметры управления и другие переменные, которые можно использовать при проектировании и эксплуатации реального устройства, должны постоянно передаваться из виртуального мира в реальный. Необходимо подчеркнуть возможность формирования обратных связей:

1) этап эксплуатации: для совершенствования процесса с учетом различных режимов работы;

2) этап производства: для улучшения производственных процессов;

3) этап проектирования: для переработки критически важных узлов или создания высокотехнологичной продукции нового поколения, исходя из опыта эксплуатации, технического обслуживания и ремонтов [4].

В таблице 2 представлены примеры использования цифровых двойников на промышленных предприятиях [5].

Типы существующих промышленных цифровых двойников:

1) прототип (DTP) — виртуальный аналог реального объекта, содержащий всю информацию для производства оригинала;

Т а б л и ц а 2 — Примеры использования цифровых двойников на промышленных предприятиях

Предприятие	Проект	Показатель			Эффект
		Процент брака	Простой по причине ремонта	Стоимость ремонта	
ПАО ТМК	Внедрение ЦД стана горячей прокатки	↓ 20 %	↓ 45 %	↓ 52%	500 млн. руб. за 2 года
ПАО КАМАЗ	ЦД станка ЧПУ	↓ 22 %	↓ 39 %	↓ 50 %	Прямой эффект 40 млн. руб. косвенный при выходе на рынок технически-сложных запчастей — 1 млрд. руб.
АО ПНТЗ	ЦД участка поточной линии трубопрокатного цеха	↓ 18 %	↓ 42 %	↓ 45 %	50 млн. руб. от внедрения, дальнейший прогноз — 100 млн. руб.

2) экземпляр (DTI) — цифровой двойник, хранящий данные обо всех характеристиках и об эксплуатации физического объекта. Он также включает в себя трёхмерную модель, функционирующую параллельно с реальным объектом;

3) агрегированный двойник (DTA) — это целая вычислительная система, состоящая из нескольких цифровых двойников и реальных объектов. Ими можно управлять из единого центра [5].

**Заключение.** Таким образом, несмотря на то, что применение цифровых двойников находится на ранних стадиях, они предоставляют огромные возможности для промышленности — способность проектировать, производить и ремонтировать продукцию с помощью интеллектуального моделирования управления данными, что приводит к сокращению убытков на 15—20 %, повышению безопасности изготавливаемой продукции, улучшению ее качества, предотвращению поломки оборудования, сокращения времени обнаружения повреждений.

#### Список цитируемых источников

1. Процесс цифровизации производства. Использование технологии цифровых двойников в промышленности. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/protsess-tsifrovizatsii-proizvodstva-ispolzovanie-tehnologii-tsifrovyyh-dvoynikov-v-promyshlennosti/> (дата обращения: 05.03.2025). — Текст : электронный.

2. К вопросу о создании цифровых двойников. — URL: [https://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/48504/1/Krayevskiy\\_K.pdf](https://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/48504/1/Krayevskiy_K.pdf) (дата обращения: 05.03.2025). — Текст : электронный.

3. *Попов, Е. В.* Уровни цифровой зрелости промышленного предприятия / Е. В. Попов, В. Л. Симонова, В. В. Черепанов // Journal of New Economy. — 2021. — Т. 22, № 2. — С. 88—109. — DOI: 10.29141/2658 5081 2021 22 2.

4. Ключевые преимущества использования цифровых двойников в смарт-индустрии. — URL: <https://rep.bstu.by/bitstream/handle/data/27046/44-50.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (дата обращения: 05.03.2025). — Текст : электронный.

5. Цифровые двойники в промышленности: что это, как их развивают в России и какие предприятия используют. — URL: <https://indpages.ru/solutions/czi-frovyu-dvojniki-v-promyshlennosti/> (дата обращения: 06.03.2025). — Текст : электронный.