

## ВНЕДРЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ: ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ И МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Клименко М. С., студент

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: канд. экон. наук, доцент Мелешко Ю. В.

**Аннотация.** Рассматриваются вопросы экономической эффективности внедрения технологии цифровых двойников на промышленных предприятиях. Разработана методика оценки возврата на инвестиции и предложены модели оптимизации управленческих решений.

Современная промышленность находится на этапе четвертой промышленной революции (Industry 4.0), характеризующейся глубокой цифровизацией производственных процессов. Актуальность исследования определяется растущей потребностью промышленных предприятий в инструментах экономической оценки эффективности внедрения прорывных технологий, к которым относятся цифровые двойники [1].

Цифровой двойник (Digital Twin) представляет собой виртуальную копию физического объекта, системы или процесса, которая синхронизируется с ним в реальном времени с помощью данных с датчиков. Классификация цифровых двойников включает следующие уровни:

- 1) двойники компонентов (Component Twins);
- 2) двойники активов (Asset Twins);
- 3) двойники систем (System Twins);
- 4) двойники процессов (Process Twins).

Для количественной оценки экономического эффекта предлагается использовать модифицированную методику анализа «затраты-выгоды». Ключевые показатели эффективности включают:

1. Снижение затрат на прототипирование и испытания.
2. Сокращение времени простоев оборудования.
3. Увеличение срока службы оборудования.
4. Повышение качества продукции и снижение брака.

Расчет возврата на инвестиции (ROI) осуществляется по формуле (1):

$$ROI = \frac{(\text{Суммарная выгода} - \text{Суммарные затраты})}{\text{Суммарные затраты}} * 100. \quad (1)$$

Рассмотрим пример внедрения цифрового двойника на машиностроительном предприятии. Исходные данные:

- 1) стоимость внедрения: 250 000 USD;
  - 2) ежегодные операционные расходы: 25 000 USD;
  - 3) расчетный период: 5 лет.
- Ожидаемые экономические эффекты (в USD/год):
1. Снижение затрат на обслуживание: 45 000.
  2. Сокращение простоев: 60 000.
  3. Повышение качества продукции: 35 000.
  4. Энергоэффективность: 15 000.

Суммарная выгода за 5 лет:

$$(45\,000 + 60\,000 + 35\,000 + 15\,000) * 5 = 775\,000 \text{ USD.}$$

Суммарные затраты:

$$250\,000 + (25\,000 * 5) = 375\,000 \text{ USD.}$$

ROI =

$$\frac{775\,000 - 375\,000}{375\,000} * 100\% = 106,7\%.$$

Расчет показывает высокую экономическую эффективность проекта с периодом окупаемости менее 3 лет.

Цифровые двойники позволяют осуществлять сценарное моделирование управленческих решений без риска для реального производства [2]. Ключевые направления применения:

- 1) оптимизация производственных графиков и загрузки оборудования;
- 2) моделирование последствий изменения технологических параметров;
- 3) оценка экономической эффективности модернизации производства;
- 4) прогнозирование влияния внешних факторов на производственные показатели.

Внедрение цифровых двойников представляет собой перспективное направление цифровой трансформации промышленности с доказанной экономической эффективностью. Разработанная методика оценки ROI демонстрирует высокую окупаемость инвестиций в данную технологию при условии грамотной реализации проекта.

Основными барьерами для широкого внедрения являются высокая первоначальная стоимость, недостаток квалифицированных кадров и необходимость организационных изменений. Перспективы дальнейших исследований связаны с разработкой отраслевых методик оценки эффективности и интеграцией цифровых двойников с системами искусственного интеллекта.

#### **Список использованных источников**

1. Семенов, А. П. Цифровая трансформация промышленности / А. П. Семенов. – М.: Техносфера, 2024. – 245 с.
2. Digital Twins: The Next Generation of Manufacturing / К. Smith, М. Johnson // International Journal of Production Research. – 2023. – Vol. 61, №. 5. – P. 145–167.
3. Цифровые двойники в промышленности: экономика и управление / под ред. В. Г. Орлова. – М.: Экономика, 2024. – 198 с.
4. Методы оценки эффективности цифровых технологий в промышленности / И. В. Козлова, П. С. Николаев // Экономика и управление. – 2024. – № 3. – С. 24–35.
5. Рекомендации по внедрению технологий Industry 4.0 // Министерство промышленности и торговли. – URL: <https://minprom.gov.ru/industry4.0> (дата обращения: 01.10.2025).