

<https://doi.org/10.17073/2072-1633-2026-1-1454>

## Цифровые двойники как эффективные инструменты внутрифирменного планирования промышленных предприятий в экономике данных

А.Д. Столяров<sup>1</sup>, С.Г. Вагин<sup>2</sup>, В.И. Абрамов<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup> Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,  
115409, Москва, Каширское ш., д. 31, Российская Федерация

<sup>2</sup> Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,  
101000, Москва, ул. Мясницкая, д. 20, Российская Федерация

✉ [viabramov@mephi.ru](mailto:viabramov@mephi.ru)

**Аннотация.** Ускорение цифровой трансформации промышленных предприятий и переход к экономике данных приводят к росту потребности в эффективных инструментах внутрифирменного планирования. В статье анализируется роль цифровых двойников в управлении сложными производственными процессами, прогнозировании изменений и оптимизации использования ресурсов. Актуальность темы обусловлена усилением конкуренции, изменением социально-экономической среды, в которой работают промышленные предприятия, и появлением нового типа конкурентных преимуществ для компаний, основанных на способности работать с данными и выстраивании цифровых моделей планирования и оперативного реагирования на изменения. Целью статьи является исследование роли цифровых двойников в обеспечении внутрифирменного планирования на промышленных предприятиях в условиях формирующейся экономики данных. Особое внимание уделено их способности предоставлять непрерывную обратную связь, что позволяет оперативно корректировать планы и минимизировать риски. Методология основана на системном анализе научных публикаций, кейсов и данных, относящихся к этому направлению исследований, с применением общенаучных методов сравнения, синтеза и логического обобщения. Показаны преимущества технологии цифровых двойников, такие как снижение временных затрат, повышение качества принятия решений и развитие культуры работы с данными. Подчеркивается, что внедрение технологии цифровых двойников способствует сокращению издержек, повышению производительности и оптимизации ресурсов, обеспечивая предприятиям конкурентные преимущества. Особое внимание в статье уделено роли данных, представляющих собой основную и важнейший ресурс цифровой экономики, так как измерение, сбор, обработка и использование больших объемов экономических данных являются решающими элементами успешного внедрения цифровых двойников. Показано, что цифровые двойники приобретают статус центрального универсального инструмента внутрифирменного планирования и управления в условиях турбулентной экономической среды и формируемой экономики данных, где гибкость, скорость адаптации и точность решений приобретают стратегическое значение.

**Ключевые слова:** промышленные предприятия, цифровая трансформация, оптимизация ресурсов, цифровые двойники, цифровые технологии, внутрифирменное планирование, экономика данных

**Для цитирования:** Столяров А.Д., Вагин С.Г., Абрамов В.И. Цифровые двойники как эффективные инструменты внутрифирменного планирования промышленных предприятий в экономике данных. *Экономика промышленности*. 2026;19(1):96–109. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2026-1-1454>

## Digital twins as effective tools of internal company planning of industrial enterprises in the data economy

A.D. Stolyarov<sup>1</sup>, S.G. Vagin<sup>2</sup>, V.I. Abramov<sup>1</sup> ✉

<sup>1</sup> National Research Nuclear University MEPhI,  
31 Kashirskoe Shosse, Moscow 115409, Russian Federation

<sup>2</sup> HSE University, 20 Myasnitskaya Str., Moscow 101000, Russian Federation

✉ viabramov@mephi.ru

**Abstract.** Acceleration of digital transformation of industrial enterprises and the transition to the data economy cause the increasing demand for effective tools of internal company planning. The authors of the article analyze the role of digital twins in managing complex production processes, forecasting changes and optimizing resource usage. The topic is relevant due to the growing competition, changes of the social and economic environment, where the industrial enterprises operate, and the emergence of the new type of competitive advantages for companies, which is based on the ability to work with data and build digital models of planning and rapid response to changes. The purpose of the article is to study the role of digital twins in maintaining the internal company planning at the industrial enterprises in an emerging data economy. Special attention is paid to their ability to provide continuous feedback making it possible to promptly adjust plans and minimize risks. The methodology is based on the system analysis of the scientific publications, cases and data devoted to this area of studies, as well as the general scientific methods: comparison, synthesis and logical generalization. The authors demonstrate the advantages of the “Digital twins” technology, such as reducing time costs, improving the quality of decision-making and developing a culture of working with data. It is pointed out that the implementation of the “Digital twins” technology helps to reduce costs, increase productivity and optimize resources, providing enterprises with competitive advantages. Special attention is paid to the role of the data that is the main and the most important resource of the digital economy as measuring, collecting, processing, and using large amounts of economic data are the crucial elements for the successful implementation of digital twins. The authors show that digital twins are gaining the status of a core universal tool of internal company planning and management in a turbulent economic environment and emerging data economy, where flexibility, the speed of adaptation and the accuracy of decisions are becoming strategically important.

**Keywords:** industrial digital twins, digital technology, internal company planning, data economy

**For citation:** Stolyarov A.D., Vagin S.G., Abramov V.I. Digital twins as effective tools of internal company planning of industrial enterprises in the data economy. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2026;19(1):96–109. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2026-1-1454>

## 数字孪生作为数字经济下工业企业内部规划的有效工具

A.D. 斯托利亚罗夫<sup>1</sup>, S.G. 瓦金<sup>2</sup>, V.I. 阿布拉莫夫<sup>1</sup> ✉

<sup>1</sup> 俄罗斯国立核能研究大学MEPhI, 115409, 俄罗斯联邦莫斯科卡希尔公路31号

<sup>2</sup> 俄罗斯国立研究型高等经济大学, 101000, 俄罗斯联邦莫斯科米亚斯尼茨卡娅街20号

✉ viabramov@mephi.ru

**摘要:** 工业企业数字化转型的加速以及向数据经济的过渡, 导致了对有效内部规划工具的需求的增长。本文分析了数字孪生在管理复杂生产流程、预测变化和优化资源利用方面的作用。该主题的现实意义在于竞争加剧、工业企业所处的社会经济环境发生变化, 以及一种新型企业竞争优势的出现, 这种优势基于数据处理能力、构建规划和对变化快速响应的数字模型。本文旨在研究在正在形成的数字经济条件下, 数字孪生技术在确保工业企业内部规划中的作用。文章特别关注了数字孪生技术提供持续反馈的能力, 这种能力能够帮助企业及时调整计划并最大限度地降低风险。研究方法基于对相关科学文献、案例和数据的系统分析, 并运用了比较、综合和逻辑归纳等一般科学方法。文章展示了数字孪生技术的优势, 如降低时间成本、提高决策质量以及发展数据处理文化。文章强调, 数字孪生技术的应用有助于降低成本、提高生产率和优

化资源配置, 为企业提供竞争优势。本文着重强调了数据的作用, 因为数据是数字经济中的核心且最重要的资源。海量经济数据的测量、收集、处理和利用是成功实施数字孪生的关键要素。研究表明, 在动荡的经济环境和正在形成的数字经济中, 数字孪生正在成为企业内部规划和管理的核心通用工具, 其灵活性、快速适应性和决策准确性具有战略意义。

**关键词:** 工业企业, 数字化转型, 资源优化, 数字孪生, 数字技术, 企业内部规划, 数字经济

### Введение

Современная мировая экономика переживает масштабную цифровую трансформацию, которая существенно меняет характер ведения бизнеса во всех секторах. В нашей стране цифровая трансформация является национальной целью, поэтому для ее достижения разработаны и активно реализуются региональные стратегии цифровой трансформации отраслей экономики, социальной сферы и государственного управления [1]. Начиная с 2025 г. в РФ стартовал новый национальный проект «Экономика данных»<sup>1</sup>, цель которого – перевести всю экономику, социальную сферу и органы власти на качественно новые принципы работы. Развитие системы управления на основе экономических данных призвано поднять качество менеджмента, а цифровые технологии позволят значительно снизить операционные издержки.

Цифровая трансформация – не просто тенденция, а глобальная парадигма, которая влияет не только на процессы производства и управления, но и на само представление об экономической эффективности и конкурентоспособности предприятий. В условиях, когда роль экономических данных, цифровых технологий и инновационных средств анализа многократно возрастает, становится очевидно, что традиционные методы управления и планирования требуют серьезной адаптации к новым реалиям. Особенно это актуально для промышленных предприятий, которым приходится перестраивать свои устоявшиеся бизнес-модели работы в свете интенсивного внедрения цифровых решений. Эффективность этих изменений зависит от умения менеджеров получать ценные сведения из информации, получаемой из внутренних и внешних источников, для поддержки решений, принимаемых менеджерами [2].

Цифровизация промышленности вызывает кардинальные изменения в способах организации и управления производственными процессами. Она становится фундаментальным драйвером трансформации существующих бизнес-моделей, ведя к формированию так называе-

мой Индустрии 4.0 (Industry 4.0). Согласно новым данным отчета World Economic Forum + McKinsey, производственные компании, использующие цифровые технологии для трансформации своей деятельности, сократили затраты на 5–30 %, повысили производительность труда на 5–40 % и добились существенных улучшений в плане гибкости и устойчивости компании [3]. Компания McKinsey, опираясь на собственный опыт работы с производственными предприятиями заявляет, что в широком спектре секторов нередко наблюдается сокращение простоя машин на 30–50 %, увеличение пропускной способности на 10–30 %, повышение производительности труда на 15–30 % и более точное прогнозирование на 85 % [4]. Важным фактором, внесшим корректирующее влияние на бизнес-модели промышленных компаний, стала пандемия COVID-19, которая привела к значительным сбоям, затронувшим практически все аспекты мировой промышленности [5]. В настоящее время современные цифровые технологии, такие как интернет вещей (IoT), искусственный интеллект (AI) и обработка больших данных (Big Data), выступают ключевыми факторами, способствующими росту производительности труда, снижению издержек и повышению конкурентных преимуществ как отдельных предприятий, так и целых отраслей. Эти технологии не только меняют способы ведения традиционного производства, но и открывают новые горизонты для управления ресурсами, адаптации к изменяющимся условиям рынка и внедрения инноваций.

Одной из важнейших технологий в контексте данной цифровой трансформации являются цифровые двойники (ЦД) – виртуальные копии реальных объектов, процессов и социально-экономических систем, которые воспроизводят их характеристики и поведение в режиме, максимально приближенном к реальному времени [6]. Благодаря интеграции данных о состоянии физической системы, поступающих из различных точек производства, ЦД создают уникальные условия для наблюдения, анализа, прогнозирования и управления. Эта технология позволяет отслеживать малейшие изменения на всех этапах жизненного цикла продуктов, от проектирования до утилизации, что делает ее незаменимым помощником в принятии стратегических решений [7].

<sup>1</sup> В России появится новый нацпроект – «Экономика данных». 13 июля 2023 г. Режим доступа: <https://digital.gov.ru/ru/events/45686/> (дата обращения: 11.02.2025).

С 2020 по 2022 г. мировой объем рынка ЦД вырос на 71 %. Стратегию создания двойников применяют 29 % мировых компаний-производителей, а ее разработка осуществляется еще 63 % участников опроса Digital Twin Market Report 2023–2027 [8]. Запросы на технологии ЦД активно и непрерывно появляются в самых разных секторах экономики. Согласно прогнозам, к 2028 г. общемировой объем рынка двойников составит 110,1 млрд долл. США против 10,1 млрд долл. США на 2023 г. при сохранении среднегодовых темпов роста 61,3 % на протяжении проектного периода 2023–2028 гг. [9]. В компании Gartner предполагают, что к 2027 г. 45 % крупных промышленных компаний будут использовать технологии ЦД, что обеспечит существенное увеличение доходов [10]. Этот прогноз подчеркивает преобразующее влияние этой технологии на эффективность и производительность производства.

Особую актуальность ЦД приобретают в условиях перехода к экономике данных, где информация становится ключевым активом предприятий, играя решающую роль в создании ценности [11]. В настоящее время цифровые данные становятся тем элементом, который связывает воедино производственные процессы, обеспечивающие разработку, производство и обслуживание всего современного промышленного оборудования, автомобилей, самолетов и энергетических систем [12]. С развитием технологий объемы данных растут в геометрической прогрессии, например, утверждается, что объем экономических данных удваивается каждые 18 месяцев [13]. Все это требует от компаний выстраивания мощных инструментов для их обработки и анализа. Эффективное использование экономических данных дает возможность не только решать текущие задачи, но и принимать долгосрочные решения, направленные на достижение устойчивого роста [14].

Актуальность использования ЦД как эффективных инструментов внутрифирменного планирования в промышленных предприятиях обусловлена несколькими важными аспектами. Во-первых, глобализация рынков усиливает конкуренцию, и для сохранения конкурентоспособности промышленным предприятиям необходимо своевременно адаптироваться к вызовам внешней среды, активно внедряя инновации. Цифровые двойники в данной ситуации становятся действенным рычагом разработки перспективных стратегий и прогнозов [15]. Во-вторых, цифровая трансформация значительно меняет среду, в которой работают промышленные предприятия [16]. В таких условиях важно создание систем, которые обеспечивают прозрачность

всех процессов и позволяют в реальном времени оценивать эффективность бизнес-операций. Снижение расходов, повышение производительности, устранение факторов низкой эффективности – все это возможно лишь при наличии точной информации, доступной в режиме реального времени, что становится возможным благодаря применению ЦД. В-третьих, цифровые технологии формируют новый тип конкурентных преимуществ для компаний: способность работать с цифровыми данными более эффективно, чем конкуренты, и выстраивать цифровые модели планирования и оперативного реагирования на изменения [17].

Помимо требований внешней среды, внедрение цифровых технологий выдвигает новые задачи в отношении внутренних процессов. Возникает необходимость реорганизации внутрифирменного планирования, поскольку его основы во многих случаях устарели и больше не отражают изменяющуюся реальность [18]. Традиционные подходы к планированию часто не учитывают комплексную природу экономики данных. Новые методики, объединяющие аналитику и прогнозирование, требуют современных инструментов внедрения цифровых моделей, обеспечивающих гибкость планирования и возможность учета катализаторов изменений, такие как волатильность рынка, колебания спроса или технологические инновации. Таким образом, внутренняя система планирования предприятия становится не только ориентиром и вектором развития цифровых технологий, но и одной из базовых структур, обеспечивающих стабильность развития в условиях изменений.

Кроме того, нельзя игнорировать тот факт, что цифровизация формирует основу для устойчивого развития предприятий, и в контексте промышленного производства эта тенденция приобретает особое значение, так как современные цифровые технологии способствуют внедрению «зеленых» решений и инноваций, направленных на снижение потребления ресурсов. Поэтому ЦД в условиях экономики данных становятся также инструментом экологической ответственности, помогая совмещать в оптимальном соотношении экономическую и социальную составляющие деятельности предприятия [18].

Принимая во внимание стремительное развитие технологий, увеличение темпов изменений и рост значимости информации, изучение особенностей внутрифирменного планирования с использованием ЦД в условиях формирующейся экономики данных представляется весьма актуальным и требует научного осмысления. Этот

процесс помогает не только адаптироваться к изменениям, но и закладывает основу для инновационного развития промышленных предприятий, способных устойчиво функционировать в новой реальности, где цифровизация проникает в каждый аспект управления [19].

Цель исследования – изучить роль ЦД в обеспечении внутрифирменного планирования на промышленных предприятиях в условиях формирующейся экономики данных. В рамках исследования акцент сделан на анализе возможности ЦД для оптимизации стратегического и оперативного управления промышленными процессами, а также на выявлении вызовов и перспектив, связанных с их внедрением в современную деловую практику.

**Проблемы традиционного внутрифирменного планирования в экономике цифровых данных**

При всей важности традиционного внутрифирменного планирования оно сталкивается с рядом проблем, особенно в условиях быстро меняющейся экономики данных (табл. 1).

В условиях экономики данных, когда объемы информации растут экспоненциально, а скорость

изменений увеличивается, традиционные методы планирования становятся все менее эффективными. Поэтому предприятиям необходимо внедрять новые подходы и инструменты, такие как ЦД, которые позволяют улучшить гибкость, точность и эффективность внутрифирменного планирования.

**Теоретико-методологические основы цифровых двойников**

Первоначально концепцию ЦД представил профессор Гривз в курсе по управлению жизненным циклом продукта в 2003 г. С тех пор многие ученые давали различные определения этой технологии, и в настоящее время ЦД определяются как «виртуальные представления физических объектов на протяжении всего жизненного цикла, которые можно понять, изучить и осмыслить с помощью данных в реальном времени, или как «имитационная модель, которая получает данные из полевых условий и запускает работу физических устройств» [21; 22]. Главной целью использования ЦД является предоставление достоверной и динамичной репрезентации состояния исходного объекта на основе данных,

Таблица 1 / Table 1

**Проблемы традиционного внутрифирменного планирования**  
Problems of traditional internal planning

Проблемы	Описание
Недостаточная гибкость и адаптивность	Традиционные планы часто разрабатываются на длительный период и не учитывают быстрое изменение рыночной конъюнктуры, потребительских предпочтений и появления технологических инноваций, что приводит к тому, что планы быстро устаревают и теряют свою актуальность
Ограниченность данных и информации	Традиционное планирование часто основывается на исторических данных и экспертных оценках, которые могут быть неполными или неточными, при этом недостаток актуальных данных в реальном времени затрудняет принятие оперативных и обоснованных решений
Сложность координации и взаимодействия	На крупных предприятиях планирование часто осуществляется децентрализованно, что затрудняет координацию и взаимодействие между различными подразделениями и может приводить к несогласованности планов, дублированию усилий
Низкая точность прогнозирования	Традиционные методы прогнозирования, такие как линейная регрессия и временные ряды, могут быть неэффективными в условиях высокой неопределенности, что приводит к ошибкам в планировании и неэффективному использованию ресурсов
Отсутствие интеграции с операционной деятельностью	Традиционные планы часто разрабатываются отдельно от операционной деятельности, что затрудняет их реализацию и может приводить к тому, что планы остаются на бумаге и не оказывают реального влияния на деятельность предприятия
Слабая визуализация и аналитика	Традиционные методы планирования часто используют статичные отчеты и таблицы, которые затрудняют визуализацию и анализ данных, что ограничивает возможности для выявления закономерностей и тенденций
Человеческий фактор	Традиционное планирование зависит только от профессионального опыта менеджеров, что может приводить к субъективности и ошибкам

Источник: составлено авторами на основе [18; 20]

Source: compiled by the authors based on [18; 20]

получаемых в режиме реального времени. Такая симуляция позволяет эффективно прогнозировать поведение физической системы, анализировать ее текущие параметры, выявлять «узкие» места и повышать общую эффективность эксплуатации. Принципиальная особенность ЦД – его способность двусторонне взаимодействовать с физическим объектом: он не только получает информацию от объекта, но и может влиять на его управление, оптимизируя определенные процессы.

Цифровой двойник (*digital twin*) представляет собой нечто иное, чем цифровая тень (*digital shadow*) или цифровая модель (*digital model*). Цифровая модель – это фундаментальная копия физического объекта, в которой отсутствует какая-либо автоматическая передача данных между реальным миром и моделью, а цифровая тень основана на сканированных данных, виртуальной модели, представляющей только физическую модель, с односторонним потоком данных и без автоматического обмена данными между физическим миром и моделью [23].

Концепция ЦД имеет сравнительно недолгую историю, но ее корни уходят в системы компьютерного моделирования, применяемые в машиностроении и аэрокосмической отрасли. Изначально идея была использована NASA в 2010 г. в рамках моделирования и тестирования сложных космических систем. Тогда ключевая задача заключалась в создании безопасных способов мониторинга, прогнозирования и управления состоянием сложных технических объектов, таких как космические аппараты, которые физически недоступны для обслуживания. Однако с расширением возможностей технологий, таких как Интернет вещей (IoT), искусственный интеллект (AI), обработка Big Data, и под влиянием стремительного прогресса технологий визуализации, моделирования и анализа данных концепция стала активно применяться в различных секторах промышленности и услуг.

Наиболее значимыми этапами ее развития являются:

- фаза создания прототипов (1990–2010-е годы), когда на начальных этапах целью было минимизировать затраты посредством создания виртуальных прототипов, позволяющих тестировать поведение систем, оборудования и процессов без необходимости их физического воспроизводства;
- виртуальное подключение (начало 2010-х годов), когда с распространением IoT стала возможна интеграция реальных объектов с их моделями через сенсоры, что открыло возможность внесения изменений в реальные системы на основе анализа данных от их цифровых копий;

– эпоха автономных систем – в настоящее время ЦД превратились в интеллектуальные системы, которые не только отображают состояние объекта, но и используют сложные алгоритмы машинного обучения для прогнозирования и автоматизированного управления.

Применение ЦД вышло далеко за пределы промышленного сектора, и сегодня они используются в таких областях, как «умные» города и регионы [24], строительство [25], агропромышленный комплекс [26], энергетика [27] и многие другие сферы.

В основе архитектуры ЦД лежит трехкомпонентная модель, включающая:

- физический объект (*physical asset*) – это может быть реальный процесс, производственное оборудование, инфраструктура или социально-экономическая система, состояние которой необходимо отслеживать и анализировать или источник экономических данных, поступающих в реальном времени;

- виртуальный двойник – цифровое представление исходного объекта, основанное на математических, физических, статистических или других моделях, при котором проводится сбор, обработка и анализ данных. Он может воспроизводить и прогнозировать поведение объекта с высокой точностью, предоставляя инструменты для анализа возможных сценариев оптимизации;

- система данных (*data flow system*) – инфраструктура для сбора, передачи и интеграции данных между физическим объектом и его цифровой моделью, которая предусматривает обработку больших объемов информации с высокой скоростью и надежностью для обеспечения своевременного обновления виртуального двойника. Потоки данных идут в двух направлениях: от физического объекта к двойнику и обратно (при выполнении корректирующих действий).

Такая структура позволяет непрерывно синхронизировать физический и цифровой мир, при этом поток данных, поступающий с физических объектов через сенсоры и устройства IoT, автоматически обновляет виртуальную модель, создавая актуальное представление системы в любой момент времени. Важно отметить динамическую природу ЦД: в отличие от традиционного моделирования, работающего на статических наборах данных, с их помощью создается живая, дышащая виртуальная среда, подпитываемая потоком экономических данных в реальном времени от физического аналога, при этом этот постоянный диалог поднимает всю систему на новый уровень сложности, т.е. ЦД – это постоянно развивающаяся копия своего физического близнеца [28].

Цифровой двойник стал ключевым элементом концепции Индустрия 4.0 как интегрированная модель производственных систем, ориентированная на использование киберфизических систем, автоматизации и обмена данными. В рамках цифровой трансформации промышленности ЦД используется для преобразования разнотипных массивов данных, получаемых с предприятий, в структурированную и понятную информацию, которая становится основой для принятия управленческих решений.

Роль ЦД в развитии промышленных предприятий определяется следующими аспектами [18; 19]:

- прогнозирование и управление, так как используя возможности аналитики больших данных, ЦД помогают прогнозировать возможные сбои в работе оборудования или процессов, что способствует своевременному устранению рисков и снижению затрат;

- оптимизация процессов, поскольку виртуальная модель позволяет проводить симуляцию различных сценариев управления производством, анализ внутрипроизводственных цепочек или сценариев запуска новых технологий;

- интеллектуальные рекомендации, поскольку благодаря интеграции методов машинного обучения цифровые двойники могут предлагать рекомендации по повышению эффективности эксплуатации оборудования, минимизации потребления ресурсов или оптимизации технологических процессов;

- снижение эксплуатационных затрат, так как ЦД уменьшают необходимость частого физического тестирования или дорогих профилактических проверок, заменяя их моделированием;

- персонализация производства, поскольку они помогают компаниям адаптироваться к рынкам с высокой степенью индивидуализации продукции, позволяя моделировать возможные изменения на этапе проектирования.

Таким образом, ЦД становятся неотъемлемой частью революции в промышленности, обеспечивая предприятия инструментами для «умного» управления и автоматизации.

#### **Роль цифровых двойников во внутрифирменном планировании**

Цифровизация хозяйственной деятельности полностью трансформировала традиционные подходы к внутрифирменному планированию, сделав его более эффективным, гибким и ориентированным на прогнозирование изменений [29]. Современные цифровые технологии внедряются на всех этапах планирования, вклю-

чая бюджетирование, прогнозирование, анализ, а также позволяют осуществлять адаптивные решения в условиях динамичной внешней среды. Традиционные методы бюджетирования часто оказываются инертными и недостаточно эффективными в условиях быстрой смены рыночной конъюнктуры, однако внедрение цифровых технологий в планирование позволяет вывести эти процессы на новый уровень.

Цифровые двойники в современном бизнесе занимают ключевую роль, предоставляя предприятиям технологическую возможность не только моделировать реальные процессы, но и оптимизировать их с использованием текущих данных. Они становятся инструментом повышения эффективности всех аспектов планирования независимо от сложности бизнес-среды. Цифровые двойники в условиях жесткой конкурентной среды при необходимости принимать решения здесь и сейчас, оказывают помощь предприятиям в подготовке к переменам на рынке, сводят к минимуму риски и совершенствуют контроль над ресурсами и процессами. Они способствуют совершенствованию внутрифирменного планирования на стратегическом и оперативном уровнях, предоставляя предприятиям мощный инструмент для оптимизации и улучшения различных аспектов планирования (табл. 2).

Кроме того, с помощью ЦД возможно также проведение многокритериальной оптимизации [30].

Цифровые двойники создают условия для моделирования сложных процессов и взаимодействия между различными элементами системы, чтобы не только предсказывать будущие события, но и анализировать их влияние на бизнес в режиме реального времени. Например, в производственных компаниях с помощью создания ЦД можно моделировать работу оборудования, прогнозировать его износ и оптимизировать графики технического обслуживания [31], что уменьшает риск ошибок и облегчает принятие компетентных решений.

Традиционные методы планирования часто оказываются недостаточно гибкими для оперативной адаптации к изменениям внешней среды, а ЦД решают эту проблему, предоставляя возможность тестировать различные сценарии и корректировать планы без риска для реальных активов. Например, в логистике ЦД могут моделировать маршруты доставки, учитывая погодные условия, загруженность дорог и другие факторы [32], что позволяет компаниям быстро реагировать на изменения и минимизировать потери.

## Цифровые двойники как инструменты внутрифирменного планирования

## Digital twins as tools for internal corporate planning

Аспекты планирования	Функция ЦД
Прогнозирование и моделирование	Предназначены для создания виртуальных моделей производственных процессов, оборудования и даже целых предприятий, симуляции различных сценариев, прогнозирования результатов и оценки эффективности различных планов. Применение ЦД способствует принятию более обоснованных решений и снижению рисков
Оптимизация производственных процессов	Обеспечивают мониторинг и анализ данных производственных процессов в реальном времени для выявления «узких» мест, оптимизации использования ресурсов и повышения эффективности производства. Так, ЦД используются для таких задач, как планирование технического обслуживания оборудования, оптимизация логистики и управление запасами
Управление ресурсами	Могут вводиться для планирования и управления такими ресурсами, как материалы, энергия и рабочая сила в целях как достижения их оптимального использования, снижения затрат и обеспечения устойчивости, так и для прогнозирования потребностей в будущем
Принятие решений на основе данных	Открывают компаниям доступ к огромному количеству данных, которые могут быть использованы для принятия обоснованных решений, а значит гибкого реагирования и адаптации к изменениям на рынке
Улучшение координации и взаимодействия	Могут использоваться для улучшения координации и взаимодействия между различными подразделениями предприятия, поскольку предоставляют единую платформу для обмена информацией и совместной работы, что позволяет предприятиям повысить эффективность планирования и реализации планов
Повышение качества продукции и инноваций	Облегчая виртуальное тестирование и моделирование, ЦД улучшают планирование по качеству продукции и ускоряют разработку продукции, улучшают контроль качества и стимулируют инновации
Управление рисками	С помощью ЦД можно моделировать различные сценарии, в том числе неблагоприятные, что помогает заранее выявлять потенциальные риски и разрабатывать планы по их снижению и повышению устойчивости
Сокращение выбросов и загрязнения	За счет обеспечения более эффективной работы и снижения энергопотребления технологии ЦД помогают сократить вредные выбросы в окружающую среду

Источник: составлено авторами на основе [6–9; 21–23]

Source: compiled by the authors based on [6–9; 21–23]

Одна из главных целей внутрифирменного планирования – рациональное распределение ресурсов, и с помощью ЦД можно в режиме реального времени анализировать данные о потреблении ресурсов и находить оптимальные пути их использования. В энергетической отрасли, например, они помогают оптимизировать потребление энергии и тем самым сократить расходы и воздействие на окружающую среду [33].

Автоматизация процессов сбора и анализа данных с помощью ЦД значительно сокращает время, необходимое для разработки и корректировки планов, что особенно важно в условиях высокой динамики рынка, где скорость принятия решений становится критическим фактором успеха. Исследования показывают, что компании, внедрившие ЦД, смогли сократить время на планирование на 30–50 % [34].

Цифровые двойники обеспечивают непрерывный мониторинг выполнения планов и предоставляют обратную связь в режиме реального

времени, что помогает своевременно выявлять отклонения и оперативно вносить корректировки. К примеру, в сфере управления цепями поставок с помощью создания ЦД можно отслеживать движение товаров, предупреждать задержки и минимизировать простои [35].

Использование двойников способствует формированию культуры работы с данными внутри компании, поскольку сотрудники получают доступ к актуальной информации и инструментам для ее анализа, что повышает их вовлеченность, заинтересованность и способность принимать обоснованные решения. Это особенно важно в условиях перехода к экономике данных, где успешность бизнеса напрямую зависит от уровня цифровой зрелости организации.

Трансформация системы планирования организации с помощью технологии ЦД открывает широкие возможности для достижения высоких показателей эффективности и качества. В **табл. 3** приведены обобщенные результаты такой работы.

Таблица 3 / Table 3

**Трансформация процессов внутрифирменного планирования с помощью технологии ЦД**

Transformation of internal corporate planning processes using the digital twins technology

Стадия / аспекты планирования	Традиционные методы планирования	Технология ЦД	Преимущества применения ЦД
Сбор данных	Сбор данных ведется из нескольких источников (например, из отчетов, из учетных систем)	Автоматизированный сбор данных и обновление информации в режиме реального времени от всех связанных систем	Актуальная информация, полностью отражающая реальное состояние оборудования, объектов и технологических процессов
Разработка моделей процессов	Построение моделей на базе данных статического анализа и оценки экспертов	Поддержка динамических моделей с адаптацией к изменениям в реальном времени	Наиболее полное и достоверное отражение рабочих процессов, позволяющее испытывать самые разные сценарии развития ситуации, избегая реального риска
Прогнозирование	В основе прогнозирования лежат данные за прошлые периоды и модели линейного типа	Цифровые двойники предоставляют данные для разработки комплексных прогнозов, отражающих большее количество различных параметров	Обеспечение корректности прогнозов благодаря изучению взаимоотношений элементов на уровне различных структур системы
Оптимизация ресурсов	Для оптимизации используются средние значения и результаты ручного анализа	Возможность операционного управления позволяет проводить оптимизацию расхода ресурсов в режиме реального времени и в соответствии со множеством критериев	Сокращение расходов, повышение эффективности управления ресурсами
Мониторинг реализации планов	Мониторинг ведется путем проведения периодических обследований и составления отчетов в ручном режиме	Выполнение планов контролируется автоматически с интеграцией с KPI-системами	Обнаружение отказов и возможных ошибок в операционном режиме, своевременное внесение изменений в планы
Оценка факторов риска	Оценка факторов риска строится на ретроспективных материалах и мнениях экспертов	Моделирование разнообразных вариантов воздействия факторов риска и определение их влияния на деятельность компании	Более полное представление о вероятных рисках и проведение профилактических мероприятий
Стратегическое планирование	Разработка стратегического планирования на основании прогнозов на долгосрочную перспективу и аналитики статичных данных	Активная разработка динамических стратегических планов с учетом текущих изменений	Высокий уровень гибкости и чувствительности стратегии, быстрая адаптивность и готовность к изменениям рыночной конъюнктуры
Интеграция данных	Хранение данных в различных информационных системах усложняет работу с ними	Все подключенные системы собирают данные в рамках единой информационной модели	Прозрачность процессов, исключение случаев дублирования работы, утраты или утечки информационного материала
Временные затраты	Подготовка и адаптация планов занимает довольно существенное количество времени	Использование ЦД существенно ускоряет планирование за счет автоматизации производственных процессов	Сокращение сроков принятия решений, более оперативное реагирование руководства
Обеспечение обратной связи	Возможность получения обратной связи о ходе выполнения планов после прохождения основных этапов	Обеспечение оперативной обратной связи и последующее ее использование с целью обучения и совершенствования применяемых моделей	Последовательное улучшение процедур планирования с помощью больших данных и методов машинного обучения

Источник: составлено авторами на основе [6–9]

Source: compiled by the authors based on [6–9]

Внутрифирменное планирование с применением ЦД может обеспечить высокую точность, скорость и гибкость производственных процессов. В таблице показано, каким образом внедрение ЦД преобразует привычные методы планирования, превращая их в более удобные, поддерживаемые технологиями и управляемые данными, а также проиллюстрированы положительные стороны и последствия такого решения, что подтверждает его актуальность и значимость в контексте развития экономики данных.

Концепции ЦД активно используются в автомобильной промышленности, при этом идея ЦД выступает в качестве основного катализатора для производства, управляемого данными [36]. Автомобильные компании используют технологию ЦД для моделирования и анализа этапа производства и проектирования идеального автомобильного продукта еще до начала производства. Некоторые автопроизводители используют ЦД, размещая на своих сайтах интерактивные панели для улучшения взаимодействия с клиентами, позволяющие настроить автомобиль по своему вкусу. Цифровые двойники ускоряют вывод электромобилей: позволяют виртуально тестировать редкие сценарии, предиктивно обслуживать узлы, точнее настраивать батарею и силовую электронику, оптимизировать заряд и сервисное обслуживание – в итоге машины собирают быстрее. Интеллектуальные автомобили применяют многочисленные датчики для сбора данных об автомобиле и окружающей среде, изучается потенциал, возможности и проблемы реализации таких ЦД [37]. Например, компания Maserati использует технологию ЦД для ускорения процесса проектирования. Сократив количество дорогостоящих прототипов, необходимых автопроизводителю на практике, и отказавшись от испытаний в аэродинамической трубе и тест-драйвов, компания смогла уменьшить расходы времени разработки автомобиля на 30 % [38]. Компания Tesla применяет ЦД на всех этапах жизненного цикла своей продукции: от разработки новых моделей электромобилей до их тестирования в виртуальной среде и проектирования процессов сборки. Благодаря этому подходу компания добивается высочайшей точности в производстве и минимизирует ошибки, которые ранее выявлялись только на реальных производственных линиях. Новые автомобили и их компоненты проходят испытания с помощью ЦД, что способствует экономии времени и средств, затрачиваемых на разработку.

Компанией BMW на 31 заводе по всему миру внедрена комплексная производственная систе-

ма на основе технологии ЦД, начиная с проектирования и заканчивая сборкой. Результатом стало сокращение времени планирования производства на 24 %, повышение общей эффективности оборудования на 18 %, ежегодная экономия расходов на техническое обслуживание и качество в размере 80 млн евро, а также ускорение запуска новых моделей автомобилей на 30 % [39].

Цифровые двойники помогают производителям наблюдать технологические процессы в различных условиях функционирования и устранять проблемы до того, как они возникнут. Например, ЦД производственного процесса представляет собой виртуальную копию этого процесса и служит для анализа того, что происходит на реальном заводе. Таким образом, производители переходят от реактивного к предиктивному управлению, а применение ЦД помогает превратить существующие активы в инструменты, которые оптимизируют процессы, экономят деньги и ускоряют инновации [40]. Northrop Grumman использует двойники в сборочной линии истребителей F-35 для повышения эффективности производства и снижения затрат [41].

Концерн Siemens активно применяет технологию ЦД для моделирования, прогнозирования и оптимизации производственных процессов, экономя до 30 % эксплуатационных расходов и сокращая время выхода на рынок на 50 % [42]. Контроль состояния оборудования, производственных линий, управление цепочками поставок и тестирование различных сценариев оптимизации функционирования систем в режиме реального времени с помощью построения и применения виртуальных копий значительно сокращает циклы выпуска новых продуктов, так как инженерные решения проверяются в цифровой среде еще до их ввода в реальное производство.

Технология ЦД продемонстрировала значительное влияние на эффективность производства. Например, исследование, проведенное Ассоциацией производственных решений для предприятий (MESA), показало, что производители, использующие технологию ЦД, отмечают повышение общей эффективности оборудования (ОЕЕ) в среднем на 30 %. Благодаря ЦД происходит сокращение незапланированных простоев на 30–50 %, увеличение производительности на 10–15 % и снижение процента брака на 20–25 % [39]. Например, GE Aviation создала ЦД своих авиационных двигателей, что привело к повышению эффективности производства на 10 % и экономии 64 млн долл. США в год за счет оптимизации графиков технического обслуживания и снижения расхода топлива [39].

Компания Unilever развернула ЦД на восьми ключевых предприятиях для производства потребительских товаров, создав двойники производственных линий в режиме реального времени для оптимизации процессов, от смешивания ингредиентов до упаковки. Результаты показывают сокращение незапланированных простоев на 65 %, снижение энергопотребления на 20 %, сокращение отходов материала на 15 % и ежегодную экономию эксплуатационных расходов в размере 52 млн долл. США [39].

Использование ЦД в процессе внутрифирменного планирования позволяет компаниям получать колоссальные выгоды – от повышения точности стратегического прогнозирования до оперативного реагирования на нештатные ситуации. В фокусе данной технологии – ее адаптивность, возможность интегрировать данные в режиме реального времени и делать бизнес-процессы более предсказуемыми, устойчивыми и результативными. Как показывают успешные примеры внедрения таких систем, ЦД дают компаниям мощный инструмент для достижения конкурентных преимуществ в различных отраслях экономики.

Развитие концепции Индустрия 5.0 подчеркивает важность симбиоза человека и технологий, где человек остается центральным элементом. Цифровые двойники предоставляют операторам и руководителям инструменты для принятия решений, с опорой на точные данные и искусственный интеллект.

Мировые лидеры промышленного производства активно используют ЦД для управления сложными промышленными комплексами и опыт этих компаний показывает, что данная технология становится одним из основных факторов увеличения производственной эффективности и разработки инноваций. Организации или компании на локальном уровне могут адаптировать этот опыт для своих нужд, внедряя решения, которые соответствуют их отраслевым условиям, будь то машиностроение, металлургия или нефтехимия.

Технологии AI и системы IoT, применяемые в контексте ЦД, открывают возможности для формирования сложных экосистем. В результате создаются предпосылки не только для пассивного мониторинга и анализа данных, но и для автономного управления системами, что особенно важно для сложных промышленных объектов и критически важной инфраструктуры.

Цифровые двойники продолжают формировать будущее промышленности, став неотъемлемой

частью концепции современного высокотехнологичного бизнеса. Они уже сейчас представляют значительную ценность для крупнейших мировых компаний, а их дальнейшее развитие расширяет перспективы для локальных предприятий. Интеграция этой технологии в стратегически важные отрасли экономики не только повышает их конкурентоспособность, но и открывает дорогу для более эффективного использования ресурсов, снижения экологического следа и создания новых моделей взаимодействия между человеком и машиной.

### Заключение

На основе литературных источников доказано, что технологии ЦД становятся ключевым инструментом внутрифирменного планирования и управления в условиях экономики данных, где гибкость, скорость адаптации и точность решений приобретают стратегическое значение. Они позволяют предприятиям не только оптимизировать производственные процессы и снижать затраты, но и создавать динамичные модели управления, которые способны быстро реагировать на изменения внешних и внутренних условий. Цифровые двойники открывают новые возможности для анализа больших объемов данных, интеграции информационных потоков и создания эффективных решений, основанных на симуляции реальных производственных процессов.

Однако было установлено, что использование на практике ЦД сопряжено с рядом вызовов: сложностью их внедрения, высокой начальной стоимостью, необходимостью обновления технической базы, а также требованием формирования новых компетенций у персонала. Успешная реализация ЦД предполагает не только технологическую подготовку, но и развитие культуры данных на уровне компании, где решения принимаются на основе анализа, моделирования и прогнозирования.

В долгосрочной перспективе можно ожидать, что ЦД станут не просто инструментом, а важным элементом цифровой трансформации предприятий, играя роль связующего звена между физическим и виртуальным миром, и будут способствовать созданию инновационных экосистем, где решение стратегических задач, управление рисками и повышение эффективности станут основой конкурентного преимущества. Таким образом, при правильной интеграции эта технология обладает потенциалом стать неотъемлемой частью индустриального ландшафта будущего.

## Список литературы / References

1. Абрамов В.И., Андреев В.Д. Первый год реализации программ цифровой трансформации в регионах России: проблемы и результаты. *Вопросы государственного и муниципального управления*. 2024;(2):110–128. <https://doi.org/10.17323/1999-5431-2024-0-2-110-128>  
Abramov V.I., Andreev V.D. First year of implementation of digital transformation programs in the regions of Russia: problems and results. *Public Administration Issues*. 2024;(2):110–128. (In Russ.). <https://doi.org/10.17323/1999-5431-2024-0-2-110-128>
2. Garcia O.B., Gomez-Conde J. de las Heras E. Debt pressure and interactive use of control systems: Effects on cost of debt. *Management Accounting Research*. 2018;40(3):27–46. <https://doi.org/10.1016/j.mar.2017.10.001>
3. World Economic Forum. Global Lighthouse Network: Four Durable Shifts for a Great Reset in Manufacturing. White Paper. Sept. 2020. Available at: [https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_GLN\\_2020\\_Four\\_Durable\\_Shifts\\_In\\_Manufacturing.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_GLN_2020_Four_Durable_Shifts_In_Manufacturing.pdf) (accessed on 18.07.2024).
4. Gregolinska E., Khanam R., Lefort F., Parthasarathy P. Capturing the true value of Industry 4.0. Available at: <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/capturing-the-true-value-of-industry-four-point-zero#/> (дата обращения: 23.02.2026).
5. Queiroz M.M., Ivanov D., Dolgui A., Wamba S.F. Impacts of epidemic outbreaks on supply chains: mapping a research agenda amid the COVID-19 pandemic through a structured literature review. *Annals of Operations Research*. 2020;319(3):1159–1196. <https://doi.org/10.1007/s10479-020-03685-7>
6. Абрамов В.И., Гордеев В.В., Столяров А.Д. Цифровые двойники: характеристики, типология, практики развития. *Вопросы инновационной экономики*. 2024;14(3):691–716. <https://doi.org/10.18334/vinec.14.3.121484>  
Abramov V.I., Gordeev V.V., Stolyarov A.D. Digital twins: characteristics, typology and development practices. *Russian Journal of Innovation Economics*. 2024;14(3):691–716. (In Russ.). <https://doi.org/10.18334/vinec.14.3.121484>
7. Гордеев В.В., Столяров А.Д., Абрамов В.И. Роль цифровых двойников в управлении производством и базовые принципы их создания. *Экономика и управление: теория и практика*. 2024;10(1):29–39.  
Gordeev V.V., Stolyarov A.D., Abramov V.I. The role of Digital Twins in production management and the basic principles of their creation. *Ekonomika i upravlenie: teoriya i praktika*. 2024;10(1):29–39. (In Russ.)
8. Hasan M. Decoding Digital Twins: Exploring the 6 main applications and their benefits. IoT Analytics. March 7, 2023. Available at: <https://iot-analytics.com/6-main-digital-twin-applications-and-their-benefits/> (accessed on 18.07.2024).
9. Digital Twin Market Size, Share \$ Growth. 2025–2030. Available at: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/digital-twin-market-225269522.html> (accessed on 18.07.2024).
10. Groombridge D. Gartner: Top Strategic Technology Trends 2023. Available at: <https://emt.gartnerweb.com/ngw/globalassets/en/publications/documents/2023-gartner-top-strategic-technology-trends-ebook.pdf> (accessed on 18.07.2024).
11. Абрамов В.И., Ломакин В.А., Столяров А.Д. Цифровая экосистема региона как перспективная модель территориального развития экономики. *Информационное общество*. 2024;(6):16–27.  
Abramov V.I., Lomakin V.A., Stolyarov A.D. The digital ecosystem of the region as a promising model of territorial economic development. *Informacionnoe obshchestvo = Information Society Journal*. 2024;(6):16–27.
12. Hedberg T., Lubell J., Fischer L., Maggiano L., Feeney A.B. Testing the digital thread in support of model-based manufacturing and inspection. *Journal of Computing and Information Science in Engineering*. 2016;16(2):1–10. <https://doi.org/10.1115/1.4032697>
13. Schumann R. Preface: big data and analytics. In: Linnhoff-Popien C., Schneider R., Zaddach M. (eds). *Digital marketplaces unleashed*. Berlin. Heidelberg: Springer; 2018. P. 633–636. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-49275-8\\_56](https://doi.org/10.1007/978-3-662-49275-8_56)
14. Bonvino C., Giorgino M. A valorization framework to strategically manage data for creating competitive value. *International Journal of Production Economics*. 2024;269:109152. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2024.109152>
15. Attaran S., Attaran M., Celik B.G. Digital Twins and industrial Internet of Things: Uncovering operational intelligence in industry 4.0. *Decision Analytics Journal*. 2024;10:100398. <https://doi.org/10.1016/j.dajour.2024.100398>
16. Абрамов В.И., Гордеев В.В., Столяров А.Д. Цифровая трансформация промышленных предприятий в цифровые бизнес-экосистемы: структурные компоненты и практические аспекты реализации. *Фундаментальные исследования*. 2024;(9):78–85. <https://doi.org/10.17513/fr.43680>  
Abramov V.I., Gordeev V.V., Stolyarov A.D. Digital transformation of industrial enterprises into digital business ecosystems: structural components and practical aspects of implementation. *Fundamental Research*. 2024;(9):78–85. (In Russ.). <https://doi.org/10.17513/fr.43680>
17. Gürdür Broo D., Schooling J. Towards data-centric decision making for € smart infrastructure: Data and

- its challenges. *IFAC-PapersOnLine*. 2020;53(3):90–94. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2020.11.014>
18. Развитие экономических систем: теория, методология, практика. Под ред. Б.Н. Герасимова. Пенза: ПГАУ; 2024. 275 с.
  19. Жарасов Б.С., Абрамов В.И. Цифровые двойники в управлении производством: принципы создания, проблемы внедрения и перспективы развития. *Современная экономика: проблемы и решения*. 2024;(6):80–94. <https://doi.org/10.17308/meps/2078-9017/2024/6/80-94>  
Zharasov B.S., Abramov V.I. Digital twins in production management: creation principles, implementation problems and development prospects. *Modern Economics: Problems and Solutions*. 2024;(6):80–94. (In Russ.). <https://doi.org/10.17308/meps/2078-9017/2024/6/80-94>
  20. Актуальные проблемы бухгалтерского учета, аудита и анализа в современных условиях. Под ред. Н.Н. Бондиной. Пенза: ПГАУ; 2025. 297 с.
  21. Bolton R.N., Mccoll-Kennedy R.J., Cheung L., Gallan A.S., Orsingher Ch., Witell L., Zaki M. Customer experience challenges: Bringing together digital, physical and social realms. *Journal of Service Management*. 2018;29(1):776–808. <https://doi.org/10.1108/JOSM-04-2018-0113>
  22. Negri N., Berardi S., Fumagalli S. MES-integrated digital twin frameworks. *Journal of Manufacturing Systems*. 2020;56(6):58–71. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2020.05.007>
  23. Juarez M., Botti V., Giret A. Digital Twins: Review and challenges. *Journal of Computing and Information Science in Engineering*. 2021;21(3):030802. <https://doi.org/10.1115/1.4050244>
  24. Абрамов В.И., Андреев В.Д. Сравнительный анализ цифровых двойников регионов. *Информационное общество*. 2023;(4):106–117.  
Abramov V.I., Andreev V.D. Comparative analysis of Digital Twin of regions. *Informatsionnoe obshchestvo = Information Society Journal*. 2023;(4):106–117. (In Russ.)
  25. Moshood T.D., Rotimi J.O.B., Shahzad W., Bamgbade J.A. Infrastructure digital twin technology: A new paradigm for future construction industry. *Technology in Society*. 2024;77:102519. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2024.102519>
  26. Абрамов В.И., Гордеев В.В., Столяров А.Д. Цифровые двойники с использованием агродронов в управлении растениеводством: особенности создания и перспективы. *АПК: экономика, управление*. 2024;(4):37–49. <https://doi.org/10.33305/244-37>  
Abramov V.I., Gordeev V.V., Stolyarov A.D. Digital Twins using agrodrones in control crop production: features of creation and prospects. *АПК: экономика, управление*. 2024;(4):37–49. (In Russ.). <https://doi.org/10.33305/244-37>
  27. Гвоздяный С.Е., Мясков А.В. Российский и зарубежный опыт использования цифровых двойников в энергетике. *Экономика промышленности*. 2024;17(4):378–387. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2024-4-1368>  
Gvozdyanyy S.E., Myaskov A.V. Russian and foreign experience of using digital twins in the energy sector. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2024;17(4):378–387. (In Russ.). <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2024-4-1368>
  28. Wright L., Davidson S. How to tell the difference between a model and a digital twin. *Advanced Modeling and Simulation in Engineering Sciences*. 2020;7(1):13. <https://doi.org/10.1186/s40323-020-00147-4>
  29. Nielsen S. Reflections on the applicability of business analytics for management accounting – and future perspectives for the accountant. *Journal of Accounting and Organizational Change*. 2018;14(2):167–187. <https://doi.org/10.1108/JAOC-11-2014-0056>
  30. Столяров А.Д., Гордеев В.В., Абрамов В.И. Методика поиска многокритериальных решений на основе цифровых двойников. *Экономика и управление*. 2023;29(7):851–858. <https://doi.org/10.35854/1998-1627-2023-7-851-858>  
Stolyarov A.D., Gordeev V.V., Abramov V.I. Methodology for searching multi-criteria solutions based on digital twins. *Economics and Management*. 2023;29(7):851–858. (In Russ.). <https://doi.org/10.35854/1998-1627-2023-7-851-858>
  31. Feng X., Wan J. Digital Twins for discrete manufacturing lines: A review. *Big Data and Cognitive Computing (BDCC)*. 2024;8(5):45. <https://doi.org/10.3390/bdcc8050045>
  32. Banaś W., Gołda G., Gwiazda A., Jarzyńska M., Kampa A., Kalinowski K., Olender-Skóra M., Stawowiak M. The use of simulation techniques and management tools to optimize the logistics process. *LogForum*. 2024;20(3):401–414. <https://doi.org/10.17270/J.LOG.001080>
  33. Heluany J. B., Gkioulos V. A review on digital twins for power generation and distribution. *International Journal of Information Security*. 2023;23:1171–1195. <https://doi.org/10.1007/s10207-023-00784-x>
  34. Argolini R., Bonalumi F., Deichmann J., Pellegrinelli S. Digital twins: The key to smart product development. *McKinsey & Company. Industrials & Electronics. Our Insights*. July 31, 2023 Available at: <https://www.mckinsey.com/industries/industrials-and-electronics/our-insights/digital-twins-the-key-to-smart-product-development> (accessed on 18.07.2024).
  35. Kalaitzi D., Batista L., Lopez N.L. Digital Twins of supply chains: A systems approach. Preprint. *TechRxiv*. <https://doi.org/10.36227/techrxiv.24073527.v1>
  36. Piromalis D., Kantaros A. Digital Twins in the automotive industry: The road toward physical-

- digital convergence. *Applied System Innovation*. 2022;5(4):65. <https://doi.org/10.3390/asi5040065>
37. Bhatti G., Mohan H., Singh R.R. Towards the future of smart electric vehicles: DT technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2021;141(3):110801. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110801>
38. Цифровые двойники: преимущества, недостатки и перспективы. Режим доступа: <https://www.itweek.ru/digitalization/article/detail.php?ID=230670> (дата обращения: 18.02.2024).
39. Lee S. 7 Data-driven insights on Digital Twin in manufacturing. *Number Analytics*. March 27, 2025. Available at: <https://www.numberanalytics.com/blog/digital-twin-manufacturing-insights>
40. Schleich B., Anwer N., Mathieu L., Wartzack S. Shaping the digital twin for design and production engineering. *CIRP Annals*. 2017;66(1):141–144. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2017.04.040>
41. Tao F., Zhang M., Nee A.Y.C. *Digital Twin driven manufacturing*. Academic Press; Feb. 12, 2019. 282 p. Available at: <https://shop.elsevier.com/books/digital-twin-driven-smart-manufacturing/tao/978-0-12-817630-6> (accessed on 18.07.2024).
42. Siemens. Outperform your competition with a comprehensive Digital Twin. Available at: <https://www.siemens.com/global/en/products/automation/topic-areas/digital-enterprise/digital-twin.html> (accessed on 18.07.2024).

### Информация об авторах

**Александр Дмитриевич Столяров** – соискатель, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», 115409, Москва, Каширское ш., д. 31, Российская Федерация; e-mail: [mr.alexst@gmail.com](mailto:mr.alexst@gmail.com)

**Сергей Геннадьевич Вагин** – д-р экон. наук, профессор, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 101000, Москва, ул. Мясницкая, д. 20, Российская Федерация; e-mail: [vsg63@hotmail.com](mailto:vsg63@hotmail.com)

**Виктор Иванович Абрамов** – д-р экон. наук, профессор кафедры управления бизнес-процессами, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», 115409, Москва, Каширское ш., д. 31, Российская Федерация; e-mail: [viabramov@mephi.ru](mailto:viabramov@mephi.ru)

### Information about the authors

**Alexander D. Stolyarov** – PhD Candidate, National Research Nuclear University MEPHI, 31 Kashirskoe Shosse, Moscow 115409, Russian Federation; e-mail: [mr.alexst@gmail.com](mailto:mr.alexst@gmail.com)

**Sergey G. Vagin** – Dr.Sci. (Econ.), Professor, HSE University, 20 Myasnitskaya Str., Moscow 101000, Russian Federation; e-mail: [vsg63@hotmail.com](mailto:vsg63@hotmail.com)

**Viktor I. Abramov** – Dr.Sci. (Econ.), Professor, Department of Business Process Management, National Research Nuclear University MEPHI, 31 Kashirskoe Shosse, Moscow 115409, Russian Federation; e-mail: [viabramov@mephi.ru](mailto:viabramov@mephi.ru)

Поступила в редакцию 24.04.2025; поступила после доработки 27.01.2026; принята к публикации 10.03.2026

Received 24.04.2025; Revised 27.01.2026; Accepted 10.03.2026