

УПРАВЛЕНИЕ В ОРГАНИЗАЦИЯХ, ОТРАСЛЯХ. ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВО

MANAGEMENT IN ORGANIZATIONS, INDUSTRIES, BUSINESS

Научная статья
УДК 658+004.62
ББК 65.29

DOI: 10.47475/2618-9852-2025-10-4-25-32

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ

Сергей Геннадьевич Камшилов

Челябинский государственный университет,
Челябинск, Россия, manager@csu.ru

Аннотация. С управленческих и экономических позиций рассматриваются различные аспекты применения цифровых двойников на предприятиях РФ. Делается акцент на текущие результаты, проблемы и перспективы развития. Отмечается, что технология цифровых двойников становится важным инструментом для обеспечения устойчивости производственных систем, снижения затрат и повышения качества продукции. Особое внимание уделяется проблемам внедрения, таким как необходимость высококачественных данных, экономические барьеры и сложность интеграции с существующими системами. Также представлен прогноз по развитию технологии цифровых двойников в контексте Индустрии 4.0.

Ключевые слова: цифровые двойники, производственные процессы, промышленный интернет, анализ данных, проблематика и перспективы применения, план реализации проекта, кибербезопасность, автоматизированные информационные системы

Для цитирования: Камшилов С. Г. Теоретические и практические аспекты применения цифровых двойников на предприятиях // Общество, экономика, управление. 2025. Т. 10, № 4. С. 25–32. DOI: 10.47475/2618-9852-2025-10-4-25-32

Original article

THEORETICAL AND PRACTICAL ASPECTS OF APPLICATION OF DIGITAL TWINS IN ENTERPRISES

Sergey G. Kamshilov

Chelyabinsk State University, Chelyabinsk, Russia,
manager@csu.ru

Abstract. This article examines various aspects of digital twin application at Russian enterprises from a managerial and economic perspective. It highlights current results, challenges, and development prospects. It notes that digital twin technology is becoming an important tool for ensuring the sustainability of production systems, reducing costs, and improving product quality. Particular attention is given to implementation challenges, such as the need for high-quality data, economic barriers, and the complexity of integration with existing systems. A forecast for the development of digital twin technology in the context of Industry 4.0 is also presented.

Keywords: Digital twins, production processes, Industrial Internet, data analysis, application challenges and prospects, project implementation plan, cybersecurity, automated information systems

© Камшилов С. Г., 2025

For citation: Kamshilov SG. Theoretical and Practical Aspects of Application of Digital Twins in Enterprises. *Society, economy, management*. 2025;10(4):25-32. (In Russ.). DOI: 10.47475/2618-9852-2025-10-4-25-32

В условиях турбулентности экономики, внешних ограничений политического и технологического характера предприятия РФ вынуждены искать новые пути повышения своей производительности и эффективности. Цифровые двойники могут стать важным инструментом для решения подобных задач. Отметим, что цифровые двойники как технология находятся на переднем крае цифровой трансформации производства и других сопутствующих бизнес-процессов, а их значимость продолжает расти. Эта тема приобретает особую актуальность, поскольку затрагивает не только будущее нашей промышленности, но и более широкие вопросы, связанные с устойчивостью и с эффективностью современных предприятий.

Однако, несмотря на очевидные преимущества и перспективы применения данной технологии, ее интеграция в существующие производственные системы сталкивается с рядом вызовов и проблем, которые и будут затронуты в данной статье. Существует несколько схожих определений рассматриваемого понятия (табл. 1). Важно отметить, что напрямую определения от ведущих мировых компаний Gartner, IBM и Forrester Research в явном виде не фигурируют, но их концепции, а также

практика применения технологии отражены главным образом в зарубежных информационных ресурсах, в том числе [6–10].

Обобщенная трактовка может быть представлена следующим образом: цифровые двойники — это виртуальные модели физических объектов, процессов, систем, которые содержат их характеристики, воспроизводят процессы функционирования и позволяют анализировать, управлять их работой в реальном времени на основе двусторонней связи.

Основное преимущество цифрового двойника заключается в способности постоянно обновлять данные и прогнозировать изменения, что позволяет не только наблюдать за состоянием объектов, процессов и систем, но и предсказывать поведение данных объектов в будущем. Эта технология использует данные с различных сенсоров и интернет-устройств (технология IIoT — промышленный интернет), собранные в процессе работы объекта, для создания и поддержания актуальной модели.

С теоретических позиций цифровые двойники опираются на несколько ключевых положений, а именно [1; 2]:

Таблица 1
Table 1

Определения термина «цифровой двойник» Definitions of the term "digital twin"

Термин	Трактовка термина	Источник
Цифровая копия (цифровой двойник)	Цифровое представление физического объекта или системы, которое позволяет отслеживать и анализировать его состояние в реальном времени	Исследовательская и консалтинговая компания Gartner (США) [10]
Цифровой двойник	Динамическая виртуальная копия физического актива, которая собирает и анализирует данные для улучшения производительности и предотвращения проблем	Международная аудиторская и консалтинговая корпорация Deloitte (Англия) [6; 9]
Цифровой двойник	Виртуальная модель, которая отражает физические характеристики и поведение объекта, позволяя проводить эксперименты без риска для реального оборудования	Международная компьютерная корпорация IBM (США) [7]
Цифровой двойник	Интегрированная модель, объединяющая данные из различных источников для создания точного представления физического объекта	Исследовательская и консалтинговая компания Forrester Research (США) [8]
Цифровой двойник	Система математических и компьютерных моделей, воспроизводящих процессы функционирования технического объекта или технологического процесса	ГОСТ Р 57700.37-2021 ¹

¹ ГОСТ Р 57700.37-2021 «Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения». URL: www.garant.ru (по подписке)

1. Моделирование поведения объектов, процессов, систем в режиме реального времени на основе двусторонней связи. Следовательно, такие модели могут быть использованы для анализа процессов и принятия решений на всех этапах — от разработки и проектирования к оперативному управлению вплоть до эксплуатации, ремонта и утилизации.

2. Интеграция с реальной системой. Цифровой двойник не существует отдельно, изолированно от физического объекта или процесса. Он тесно связан с реальной системой, что позволяет оперативно отслеживать состояние последней, а также своевременно вносить корректировки в процессы, в операционную деятельность для их оптимизации.

3. Использование больших данных и аналитики. Технология Big Data широко распространена в настоящее время во многих отраслях и сферах экономики. Применяется она и при создании, эксплуатации цифровых двойников. Так, для создания точных цифровых двойников необходимы большие объемы данных, которые могут поступать с различных датчиков и источников. Эти данные обрабатываются с помощью аналитических методов, машинного обучения, что позволяет модели адаптироваться и предсказывать поведение системы, то есть обеспечивать проактивный анализ и управление.

С практических позиций внедрение цифровых двойников в операционную деятельность требует от предприятий значительных инвестиций в технологическую инфраструктуру (установка датчиков, создание системы сбора данных, программное обеспечение для анализа и моделирования). Также на предприятии необходимо модернизировать АИС, которая будет обеспечивать бесперебойную передачу информации с объектов в систему цифровых двойников. Кроме того, следует обучить соответствующий персонал работе с данной технологией.

Рассмотрим подробнее области использования данной технологии. В первую очередь, это оптимизация производственных процессов. Поскольку цифровые двойники позволяют моделировать различные сценарии работы оборудования, процессов, систем, что помогает в выявлении узких мест, а также в повышении эффективности. Во-вторых, это предиктивное обслуживание. С помощью цифровых двойников предприятия могут прогнозировать возможные неисправности в работе оборудования и целых систем и проводить профилактическое обслуживание до того, как произойдет нештатная ситуация или сбой. Это позволит снизить затраты на ремонт и простой. Третье направление использования — про-

ведение испытаний и моделирование. Цифровые двойники дают возможность тестировать новые продукты и процессные изменения в виртуальной среде, уменьшая риски и затраты на физические испытания. Например, прежде чем проводить реорганизацию системы управления, можно смоделировать бизнес-процессы и на основе анализа текущих показателей по ним спрогнозировать, в каком направлении проводить реорганизацию. Четвертое направление — улучшение качества продукции: благодаря анализу данных и мониторингу в режиме реального времени предприятия могут своевременно получать всю необходимую информацию о качестве процессов и продуктов и принимать меры по улучшению системы менеджмента качества. Пятое направление — обучение и развитие кадров: с помощью цифровых двойников можно создавать обучающие модели для сотрудников, что позволяет повышать их квалификацию и снижать время, необходимое для обучения. Заметим, что и сейчас существуют обучающие программы, но технология цифровых двойников позволяет инкапсулировать в такие обучающие программы данные в режиме реального времени, что делает подобную систему высокодинамичной, отвечающей потребностям конкретного технологического процесса или конкретной системы управления.

Один из примеров использования цифровых двойников в РФ — проект компании ПАО «Газпром». В рамках этого проекта цифровые двойники создают виртуальные модели газопроводных систем, которые позволяют в реальном времени отслеживать их работу. Так, цифровые модели собирают данные о температуре, давлении, вибрации и других важных показателях работы оборудования. Эти данные помогают точно прогнозировать возможные аварийные ситуации, что позволяет предотвратить их до того, как они произойдут. Использование цифровых двойников позволило ПАО «Газпром» значительно улучшить управление своим оборудованием и повысить общую безопасность, а также уменьшить затраты на техническое обслуживание и ремонт¹.

Другим успешным примером использования цифровых двойников является проект Сибирского химического комбината (СХК), который внедряет цифровые двойники для управления химическими процессами на своем производстве. Создаются цифровые модели ключевых производственных установок (реакторы и колонны), которые имитируют их поведение в реальном времени. В результате цифровые двойники помогают эффективно

¹ Как цифровые двойники помогают добывать нефть и газ. URL: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/615895d29a79477154fec314> (дата обращения 18.09.2025)

управлять процессом перегонки химических веществ, предотвращая перегрев и другие нежелательные изменения, которые могут привести к поломке оборудования или даже аварийным ситуациям. Кроме того, использование цифровых двойников на СХК позволяет эффективно планировать техническое обслуживание, предотвращая необходимость в незапланированных ремонтах, что снижает расходы на обслуживание и повышает производительность¹.

Подобных примеров успешного внедрения цифровых двойников объектов и процессов в экономике РФ становится всё больше. Краткая характеристика результатов применения данной технологии по ряду отечественных предприятий представлена в табл. 2, а перспективы по отраслям — в табл. 3.

Отметим, что внедрение данной технологии сопряжено с рядом вызовов. Так, основной трудностью является необходимость обработки, агрегирования больших объемов данных, поступающих из разных источников по разным каналам. Кроме того, для полноценного использования цифровых

двойников требуется наличие высококачественной измерительной аппаратуры, сенсоров и оборудования, которое обеспечит точность модели и позволит эффективно управлять производственными процессами. Стоимость подобных устройств, наряду с необходимостью квалифицированных специалистов, является сдерживающим фактором для многих предприятий.

С практической точки зрения внедрение цифровых двойников требует от предприятий значительных инвестиций в технологическую инфраструктуру (установка датчиков, систем сбора данных, ПО для анализа и моделирования). На предприятии также необходимо практически заново создавать систему управления данными; обучать персонал, который будет обеспечивать бесперебойную передачу информации с объектов в систему цифровых двойников.

Внедрение цифровых двойников также требует наличия специалистов с гибридными компетенциями. Это важный аспект, поскольку правильное моделирование процессов, работа с большими данными, анализ поступающей информации, принятие решений требуют от сотрудников не только технических знаний, понимания специфики производственных процессов, но и практики принятия технологических и управленческих решений

Таблица 2
Table 2

Результаты применения технологии цифровых двойников на ряде предприятий РФ* The results of the application of digital twin technology at a number of enterprises in the Russian Federation*

Предприятие	Краткая характеристика применения	Функциональность
Нововоронежская АЭС	Внедрены цифровые двойники реакторов ВВЭР-1200	— Прогнозирование состояния активной зоны реактора в реальном времени. — Подготовка персонала к управлению аварийными ситуациями. — Анализ рисков при изменении режима работы
Трубная металлургическая компания	Внедрены цифровые модели прокатных станов и цифровые модели систем мониторинга трубопрокатных процессов	— Планирование замены компонентов оборудования. — Моделирование процесса прокатки для получения труб с идеальными параметрами. — Контроль износа оборудования и температурных, механических параметров прокатки
СИБУР	Внедрены цифровые двойники систем контроля качества и цифровые модели производственных линий смешивания полимеров	— Оптимизация процессов смешивания сырья, компонентов. — Анализ физических и химических свойств конечного продукта. — Мониторинг характеристик продукции на всех стадиях производства

* Таблица составлена по материалам [3–5].

Таблица 3
Table 3

Перспективы использования технологии по отраслям
Prospects for the use of technology by industry

Отрасль экономики	Направления применения цифровых двойников
Промышленность и производство	Оптимизация и контроль производственных процессов, контроль качества по стадиям производства, разработки и распределения продукции, планирование ресурсов
Транспорт и логистика	Моделирование логистических процессов, их анализ в режиме реального времени, оптимизация маршрутов, сокращение затрат и сроков доставки грузов. Анализ эффективности внутрискладского хранения и перемещения
Энергетика	Прогнозирование нагрузки, контроль за работой энергетического оборудования, оптимизация работы энергосетей, повышение надежности поставок энергии
Медицинская сфера	Моделирование процессов взаимодействия в медицине «пациент — врач», «врач — врач», «административный персонал — врач — пациент», расчет и оптимальное распределение нагрузки между поликлиниками, больницами города, обучение студентов и врачей на цифровых копиях оборудования
Строительство и городское планирование	Проектирование инфраструктуры, прогнозирование и моделирование городских территорий

на основе использования технологий VI (бизнес-интеллект) и AI (искусственный интеллект). Предприятия могут сталкиваться с кадровым дефицитом в этой области, что также замедляет внедрение технологии цифровых двойников.

Важным практическим аспектом является и интеграция цифровых двойников с уже существующими информационными системами организаций и с производственными системами. Многие действующие системы управления не могут работать с цифровыми двойниками напрямую, что требует модернизации действующих информационных систем, приобретения нового программного обеспечения, выбор которого ограничен политическими факторами. Следовательно, требуется использовать возможности, предоставляемые российскими поставщиками подобных систем. В результате успешная реализация технологий цифровых двойников зависит от способности предприятий проводить модернизацию систем управления, АИС, встраивать (инкапсулировать) программные продукты на основе отечественных разработок.

Ключевым барьером также остается необходимость точных, качественных данных. Цифровые двойники требуют постоянного потока данных с сенсоров и других устройств, работающих в режиме IIoT (промышленный интернет). Если же эти данные будут некорректными, неполными,

то точность модели может снизиться, а принимаемые решения могут оказаться ошибочными. Чтобы избежать таких ситуаций, требуется уделять внимание не только качеству данных, но и созданию регламентов, стандартов на предприятии для их сбора, хранения, обработки, что также является серьезной задачей для ИТ-подразделений предприятий.

Обобщая проблемы и барьеры внедрения и использования цифровых двойников, можно констатировать следующее:

1. Наблюдается недостаток квалифицированных специалистов с гибридными компетенциями, которые обладали бы знаниями в области ИТ-инженерии и аналитики данных. Это затрудняет процесс интеграции цифровых технологий.

2. Высокие начальные инвестиции: создание и внедрение цифровых двойников требует значительных единовременных капитальных вложений в оборудование, ПО и обучение сотрудников. Малые и средние предприятия в этом плане могут столкнуться с трудностями финансирования подобных инициатив. Однако в долгосрочной перспективе такие инвестиции могут оправдаться за счет экономии на обслуживании оборудования, повышения производительности и снижения затрат на простой.

3. Интеграция с существующими системами: многим предприятиям необходимо будет интегри-

ровать данную технологию в действующие АИС, что является достаточно сложной задачей, требующей привлечения ИТ-консультантов, проектного подхода, создания команды, времени и усилий.

4. Кибербезопасность: с увеличением объема данных и использованием промышленного интернета возрастает риск кибератак. Следовательно, требуется проектировать эффективную систему информационной безопасности и защиты данных, что является критически важным аспектом при реализации данной технологии.

5. Культурные барьеры: внедрение цифровых технологий может сталкиваться с сопротивлением со стороны сотрудников, привыкших работать по традиционным методам. Культурная трансформация внутри организаций также является неотъемлемой частью для успешной реализации технологии цифровых двойников.

Содержание проектов внедрения цифровых двойников безусловно учитывает специфику конкретного предприятия. Однако представляется возможным порекомендовать обобщенную

последовательность для реализации данной технологии (табл. 4).

Будущее цифровых двойников связано с дальнейшей интеграцией технологий промышленного интернета и искусственного интеллекта, что позволит создать еще более точные и гибкие модели. С развитием ИИ всё большее количество оборудования будет передавать данные в реальном времени, что значительно повысит точность предсказаний и сделает управление производственными процессами более динамичным и адаптивным. С помощью технологий AI цифровые двойники смогут не только моделировать текущие процессы, но и самостоятельно оптимизировать их, выявляя возможности для повышения эффективности без вмешательства человека.

Ожидается, что в ближайшие годы цифровые двойники будут активно использоваться в рамках концепции «умных фабрик». Эти фабрики будут оснащены интегрированными системами, которые в реальном времени анализируют и оптимизируют работу всего производства. Преимущества

Таблица 4
Table 4

Обобщенный план реализации проекта* Generalized project implementation plan*

Этап	Краткая характеристика
Аудит и постановка целей внедрения цифрового двойника (ЦД)	Аудит объекта, процесса, системы, оценка необходимости применения ЦД, целеполагание
Выбор пилотного проекта	Составление бюджета проекта и источников финансирования, оценка необходимых материальных и человеческих ресурсов
Сбор и интеграция данных по проекту	Установка недостающего оборудования, датчиков, настройка системы передачи данных ЦД, интеграция с существующей АИС организации
Работы по созданию ЦД	Создание виртуальной модели объекта, процесса, системы; математической модели; разработка моделей машинного обучения для поиска закономерностей и аномалий
Валидация ЦД	Определение степени соответствия ЦД реальному объекту, процессу, системе. Внесение изменений и дополнений в виртуальную модель. Сотрудничество с технологическими партнерами
Обучение персонала	Привлечение сторонних организаций, выбор средств и форм обучения, контроль качества, диагностика знаний
Развертывание и эксплуатация	Создание автоматизированных мест для рабочих, инженеров; настройка систем оповещения о предиктивных событиях. Тестирование технологии в ограниченных масштабах (например, для одного технологического процесса или отдельного структурного подразделения)
Кибербезопасность	Разработка и внедрение надежных стратегий киберзащиты, сотрудничество с ИТ-партнерами

*При формировании плана использованы материалы из: Цифровой двойник завода: как управлять всем производством из офиса. <https://radiotochki.net/blog/cifrovoy-dvoynik-zavoda-kak-upravlyat-vsem-proizvodstvom-iz-ofisa-polnyu-gid-po-industry-40.html> (дата обращения 15.09.2025)

таких решений — повышенная гибкость, снижение затрат на производство, улучшение качества продукции и более быстрая реакция на изменения в потребительских запросах.

Важным шагом в этом направлении может стать и создание универсальных платформ, которые позволят малым и средним предприятиям интегрировать цифровые двойники в свои системы без необходимости значительных капитальных вложений. Этого можно достичь путем разработки облачных решений, где предприятия смогут арендовать вычислительные мощности для создания и использования цифровых двойников, не сталкиваясь с высокими первоначальными затратами на оборудование и программное обеспечение.

Еще одним перспективным направлением является использование блокчейн-технологий для повышения безопасности данных, передаваемых между цифровым двойником и физической системой. Это особенно важно в тех отраслях, где безопасность данных имеет критическое значение, например в энергетике, нефтегазовой отрасли и оборонной промышленности. Внедрение блокчейн обеспечит надежность данных и предотвра-

тит их фальсификацию, создавая тем самым более безопасные условия для работы с цифровыми двойниками.

Подытоживая, можно констатировать, что цифровые двойники открывают новые возможности для повышения эффективности и конкурентоспособности предприятий РФ. Для успешного их внедрения необходимо учитывать существующие внешние и внутренние экономические вызовы. Ключевым фактором продуктивной реализации станет готовность организаций к изменениям и инвестиции в кадры и технологии. Кроме того, необходима комплексная поддержка со стороны профильных министерств РФ и развитие ИТ-инфраструктуры для создания крупных промышленных экосистем, в которых цифровые двойники могут полноценно функционировать. Таким образом, будущее цифровых двойников в России связано не только с технологическими, но и с организационными и законодательными усилиями, что сделает их важным инструментом для повышения конкурентоспособности и устойчивости отечественной промышленности на международных рынках.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гусев П. Ю. Автоматизация планирования производственных процессов авиастроительного предприятия с использованием цифрового двойника // Труды МАИ. Вып. 103. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizatsiya-planirovaniya-proizvodstvennyh-protsessov-aviastroitel'nogo-predpriyatiya-s-ispolzovaniem-tsifrovogo-dvoynika/> (дата обращения 15.09.2025)
2. Канарев Д. В., Тюкавкин Н. М. Цифровой двойник: недостающее звено в производственном процессе // XV Королевские чтения 2019. Т. 2. Самара : Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева, 2019. С. 690–695.
3. Институт РАН создал цифровые двойники для всех возможных на АЭС процессов. URL: <https://neftegaz.ru/news/nuclear/197160-institut-ran-sozdal-tsifrovye-dvoyniki-dlya-vsekh-vozmozhnykh-na-aes-protsessov/> (дата обращения 18.09.2025).
4. Цифровой двойник на производстве: опыт ТМК. URL: https://uppro.ru/library/information_systems/automation_production/dvoynik-na-proizvodstve/ (дата обращения 18.09.2025)
5. Цифровые двойники помогают «СИБУРу» повысить эффективность бизнес-процессов. URL: <https://www.cforussia.ru/novosti/?article=53300> (дата обращения 15.09.2025)
6. Digital twins are optimizing supply chains and more. Here's why enterprises should care. URL: <https://www.zdnet.com/article/digital-twins-are-optimizing-supply-chains-and-more-heres-why-enterprises-should-care/>
7. Gallagher, Nick; Armstrong, Maggie Mae. What is a digital twin? URL – <https://www.ibm.com/think/topics/digital-twin>
8. Liu, Stephanie. Consumers, Meet Your Virtual Match: Your Digital Double. URL: <https://www.forrester.com/blogs/consumers-meet-your-virtual-match-your-digital-double/>
9. Parrot, Aaron; Warshaw, Lane. Industry 4.0 and the digital twin. Deloitte Insights. URL: <https://dupress.deloitte.com/dup-us-en/focus/industry-4-0/digital-twin-technology-smart-factory.html>
10. Supply Chain Leaders Are Not Realizing the Full Potential of Integrating the Customer in Digitalization Plans. URL: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2023-07-20-gartner-survey-shows-just-27-percent-of-chief-supply-chain-officers-plan-to-implement-a-digital-twin-of-the-customer>

REFERENCES

1. Gusev P. Yu. Avtomatizatsiya planirovaniya proizvodstvennyh processov aviastroitel'nogo predpriyatiya s ispolzovaniem cifrovogo dvoynika [Automation of planning of production processes of an aircraft manufacturing enterprise using a digital

twin]. *Trudy MAI* [Proceedings of the Moscow Aviation Institute]. No. 103. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizatsiya-planirovaniya-proizvodstvennyh-protssosov-aviastroitel'nogo-predpriyatiya-s-ispolzovaniem-tsifrovogo-dvoynika/>, accessed: 15.09.2025 (In Russ.)

2. Kanarev DV, Tyukavkin NM. Cifrovoy dvoynik: nedostayuschee zveno v proizvodstvennom processe [Digital twin: the missing link in the manufacturing process]. In: XV Korolevskie chteniya 2019. Tom 2. [XV reading named after S. P. Korolev 2019. Volume 2]. Samara: Samarskiy nacionalnyy issledovatel'skiy universitet imeni akademika S. P. Koroleva [Publication of the Samara National Research University named after academician S. P. Korolev]; 2019. Pp. 690–695]. (In Russ.)

3. Institut RAN sozdal cifrovye dvoyniki dlya vseh vozmozhnykh na AES processov [The Institute of the Russian Academy of Sciences has created digital twins for all processes possible at nuclear power plants]. Available at: <https://neftegaz.ru/news/nuclear/197160-institut-ran-sozdal-tsifrovye-dvoyniki-dlya-vsekh-vozmozhnykh-na-aes-protssosov/>, accessed 18.09.2025 (In Russ.)

4. Cifrovoy dvoynik na proizvodstve: opyt TMK [Digital twin in production: experience of a pipe metallurgical company]. Available at: https://uppro.ru/library/information_systems/automation_production/dvoynik-na-proizvodstve/, accessed 18.09.2025 (In Russ.)

5. Cifrovye dvoyniki pomogayut «SIBURu» povysit effektivnost biznes-processov [Digital twins help “SIBUR” improve the efficiency of business processes]. Available at: <https://www.cfo-russia.ru/novosti/?article=53300>, accessed 18.09.2025 (In Russ.)

6. Digital twins are optimizing supply chains and more. Here's why enterprises should care. URL: <https://www.zdnet.com/article/digital-twins-are-optimizing-supply-chains-and-more-heres-why-enterprises-should-care/>

7. Gallagher, Nick; Armstrong, Maggie Mae. What is a digital twin? URL: <https://www.ibm.com/think/topics/digital-twin>

8. Liu Stephanie. Consumers, Meet Your Virtual Match: Your Digital Double. URL: <https://www.forrester.com/blogs/consumers-meet-your-virtual-match-your-digital-double/>

9. Parrot Aaron; Warshaw Lane. Industry 4.0 and the digital twin. Deloitte Insights. URL: <https://dupress.deloitte.com/dup-us-en/focus/industry-4-0/digital-twin-technology-smart-factory.html>

10. Supply Chain Leaders Are Not Realizing the Full Potential of Integrating the Customer in Digitalization Plans. URL: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2023-07-20-gartner-survey-shows-just-27-percent-of-chief-supply-chain-officers-plan-to-implement-a-digital-twin-of-the-customer>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

С. Г. Камшилов — кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной экономики и маркетинга.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

S. G. Kamshilov — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Applied Economics and Marketing.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

The author declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию / The article was submitted: 20.10.2025

Принята к публикации / Accepted for publication: 26.11.2025