

Вестник Башкирского института социальных технологий). 2025. № 2(67). С. 133–140
Vestnik BIST (Bashkir Institute of Social Technologies). 2025;2(67):133–140

Научная статья

УДК 004.942

doi: 10.47598/2078-9025-2025-2-67-133-140

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ В БИЗНЕС-ПРОЦЕССАХ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Татьяна Геннадьевна Дидык^{1✉}, Юлия Вениаминовна Шаронова²,

Ольга Айратовна Мухаметьянова³

^{1,2}Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

¹tanyar@mail.ru✉

²hedviga@mail.ru

³Башкирский институт социальных технологий (филиал) Академии труда и социальных отношений,
Уфа, Россия, argamont@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются возможности применения цифровых двойников в сфере производства и бизнеса, а также преимущества и недостатки использования этой концепции. На реальных примерах рассмотрено, каким образом цифровые двойники влияют на бизнес-процессы и их эффективность. Представлены этапы проектирования цифрового двойника, разработанные с применением различных инструментальных средств построения графических моделей.

Ключевые слова: цифровизация бизнеса, цифровой двойник, этапы разработки цифрового двойника, онтологическое моделирование

Для цитирования: Дидык Т. Г., Шаронова Ю. В., Мухаметьянова О. А. Возможности применения цифровых двойников в бизнес-процессах производственного предприятия // Вестник БИСТ (Башкирского института социальных технологий). 2025. № 2 (67). С. 133–140. <https://doi.org/10.47598/2078-9025-2025-2-67-133-140>.

Research article

POSSIBILITIES OF USING DIGITAL TWINS IN BUSINESS PROCESSES OF A MANUFACTURING ENTERPRISE

Tatiana G. Didyk^{1✉}, Yulia V. Sharonova², Olga A. Mukhametyanova³

^{1,2}Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia

¹tanyar@mail.ru✉

²hedviga@mail.ru

³Bashkir Institute of Social Technologies (branch) of the Academy of Labor and Social Relations, Ufa, Russia,
argamont@mail.ru

Abstract. The article discusses the possibilities of using digital twins in the field of production and business, as well as the advantages and disadvantages of using this concept. Using real-world examples, it is considered how digital twins affect business processes and their effectiveness. The stages of designing a digital twin, developed using various tools for constructing graphical models, are presented.

Keywords: digitalization of business, digital twin, stages of digital twin development, ontological modeling

For citation: Didyk T. G., Sharonova Yu. V., Mukhametyanova O. A. Possibilities of using digital twins in business processes of a manufacturing enterprise. *Vestnik BIST (Bashkirskogo instituta social`ny`x texnologij)* = *Vestnik BIST (Bashkir Institute of Social Technologies)*. 2025;2(67):133–140. (In Russ.). <https://doi.org/10.47598/2078-9025-2025-2-67-133-140>.

В современном мире информационные технологии играют определяющую роль в развитии производства и индустрии услуг. Фактически человека окружают технологии, которые были созданы ранее. С течением времени все процессы в обществе становятся сложнее в плане технологического оснащения, но при этом отмечается упрощение быта человека [1]. С появлением новых технологий, в том числе концепции цифровых двойников, происходящие в этой связи изменения вносят определенный вклад в комфорт жизнедеятельности человека.

Цифровой двойник — это инновационная модель, которая находит все большее применение в различных отраслях, от промышленности до здравоохранения, городского планирования и сферы услуг [2]. В основе этой технологии лежит создание виртуальной копии физического объекта или системы, которая позволяет моделировать, анализировать и оптимизировать работу объектов в реальном времени.

С развитием технологий, таких как искусственный интеллект, машинное обучение и большие данные, возможности цифровых двойников значительно расширяются. Они становятся не только инструментом для мониторинга и диагностики, но и мощным средством для прогнозирования и принятия решений. Рассмотрим основные принципы работы цифровых двойников, их преимущества и области применения, а также вызовы и перспективы их дальнейшего развития.

Цифровые двойники — это копии реальных объектов и субъектов в виртуальном пространстве. В их основу заложены системы интернета вещей (IoT), направленные на сбор и анализ данных о физическом объекте, для которого планируется сделать цифровую копию. Выявленная информация передается в прототип будущего двойника, в котором обрабатывается с помощью искусственного интеллекта и технологий больших данных и становится ее «памятью» [3].

Современные информационные технологии, основанные на облачных вычислениях, обеспечивают гибкость и дают возможность обрабатывать большой объем данных в режиме реального времени. Применение технологий цифровых двойников в различных обла-

стях производства обусловлено именно этим: они являются инструментом, позволяющим смоделировать поведение различных объектов в реальной среде. Цифровые двойники способны проанализировать бизнес-процессы и их производительность, затем на основе выявленных факторов спрогнозировать дальнейшее развитие, риски и сбои, которые могут возникнуть в процессе [4–5]. Такая концепция их применения позволяет получить экономию ресурсов и уменьшить риск вывода инновационного продукта на рынок.

Согласно аналитике Fortune Business Insights, объем мирового рынка цифровых двойников в 2024 году достиг показателя в 17,73 млрд долл., и, по их же прогнозам, эта цифра в 2025 году вырастет до 24,48 млрд долл. [6]. Также свое мнение по поводу использования концепции цифровых двойников в бизнесе как конкурентной необходимости в условиях современности высказала компания McKinsey & Company [7]. В своей статье «Цифровые близнецы: ключ к разработке интеллектуальных продуктов» она отмечает, что любая коммерческая компания, являющаяся частью рынка, живет или умирает в зависимости от своей способности разрабатывать и выпускать новые продукты, которые будут связаны с информационными технологиями. По оценкам аналитиков компании, в течение следующих лет около 30 трлн долл. внутренних доходов организаций будут иметь прямую зависимость от тех продуктов и услуг, которые еще не были предоставлены рынку, а тот, в свою очередь, будет расти на 60% в год и к 2027 году достигнет 73,5 млрд долларов.

Так как всякий бизнес стремится к достижению максимума за счет вложения минимума — цифровые двойники идеально подходят для достижения этой цели из-за имеющегося в них потенциала. Эта концепция анализирует экономическую среду и выявляет в ней наиболее благоприятные факторы, которые позволят повысить конкурентоспособность бизнеса, а также спланировать развитие компании на следующие периоды [8]. Так, на промышленных заводах цифровые двойники применяются для моделирования производственных линий, тем самым помогая выявить узкие места и оптимизировать рабочие процессы, что при-

водит к снижению затрат (как ресурса времени, так и заработной платы сотрудника, выполняющего аналогичную работу) и повышению эффективности. Помимо их использования на подготовительных этапах производства, цифровые двойники могут быть напрямую интегрированы во внутренние процессы и дальнейшую техническую поддержку — такая взаимосвязь обеспечит повышение эффективности обслуживания и улучшит качество полного сопровождения продукта или услуги [9].

В современных условиях цифровые двойники также решают задачи в области тестирования, а именно осуществление запуска бизнес-процесса без существенных затрат на реализацию и обнаружения уязвимостей прежде, чем процесс будет внедрен на производство. Цифровые копии, воспроизводя целую технологическую деятельность, осуществляют виртуальные испытания, тем самым снижая вероятность возникновения угрозы для жизни и здоровья человека.

Используя технологию создания копии цифрового пространства, автомобилестроительная компания построила первый виртуальный завод по производству машин и механизмов совместно с разработчиком графических процессоров. Для того чтобы понять, как будет функционировать будущее предприятие, проектировщики использовали специальные программы, направленные на моделирование всех деталей, включающих в себя роботизированную технику, логистику и анализ производственных процессов, который выявляет, как действует инженер-конструктор (его цифровая копия) и каким образом его рабочее пространство должно быть организовано для более эффективного выполнения задач.

Результатом этой разработки стал план модернизации реального рабочего процесса, позволяющий существенно оптимизировать бизнес-процессы предприятия. Цифровая копия моделируемого пространства позволила получить новые решения для достижения наибольшей эффективности, а при помощи виртуального тестирования были сокращены затраты.

Для визуализации проектирования цифровых двойников можно использовать различные средства построения графических моделей, такие как:

- Aris: для представления событийной цепочки процесса;
- Enterprise Architect: для отображения модели деятельности;
- онтологический редактор Protégé, который позволяет разработать и визуализировать онтологии в формате OWL [10–11].

Рассмотрим процесс построения модели цифрового двойника. Начальным этапом является определение цели создания цифрового двойника, который может в себя включать анализ потребностей бизнеса и формулировку задач, которые должен решать цифровой двойник (оптимизация процессов, управление активами, прогнозирование сбоев и т.д.). Затем запускается процедура по сбору данных, включающая их сбор с физических объектов (датчики, SCADA-системы, PLC и т.д.), а также использование исторических данных для создания базы знаний.

Третьим этапом является непосредственно моделирование, состоящее в разработке математической и (или) имитационной модели. В этих моделях воспроизводится поведение физического объекта и его характеристик.

Для проектирования и разработки интерфейса используется этап визуализации. Далее осуществляется тестирование работы цифрового двойника с физическим объектом с помощью реальных данных.

Следующий этап будет включать элементы оптимизации полученной структуры, а именно анализ данных для выявления «узких» мест и возможностей для повышения эффективности с последующим внедрением улучшений в процессы на основании результатов анализа. На этапе эксплуатации необходим постоянный мониторинг состояния физических объектов через цифровой двойник, а также обновление модели по мере поступления новых данных. Также необходимо предусмотреть обратную связь и итерацию. Для этого осуществляется сбор информации от пользователей и анализ результатов, а также предусматривается итеративное улучшение модели и процессов на основании анализа данных и пользовательских замечаний. Представим описанный алгоритм в виде модели, позволяющий его формализовать (рис. 1). Для разработки указанной модели была выбрана нотация EPC, достоинствами

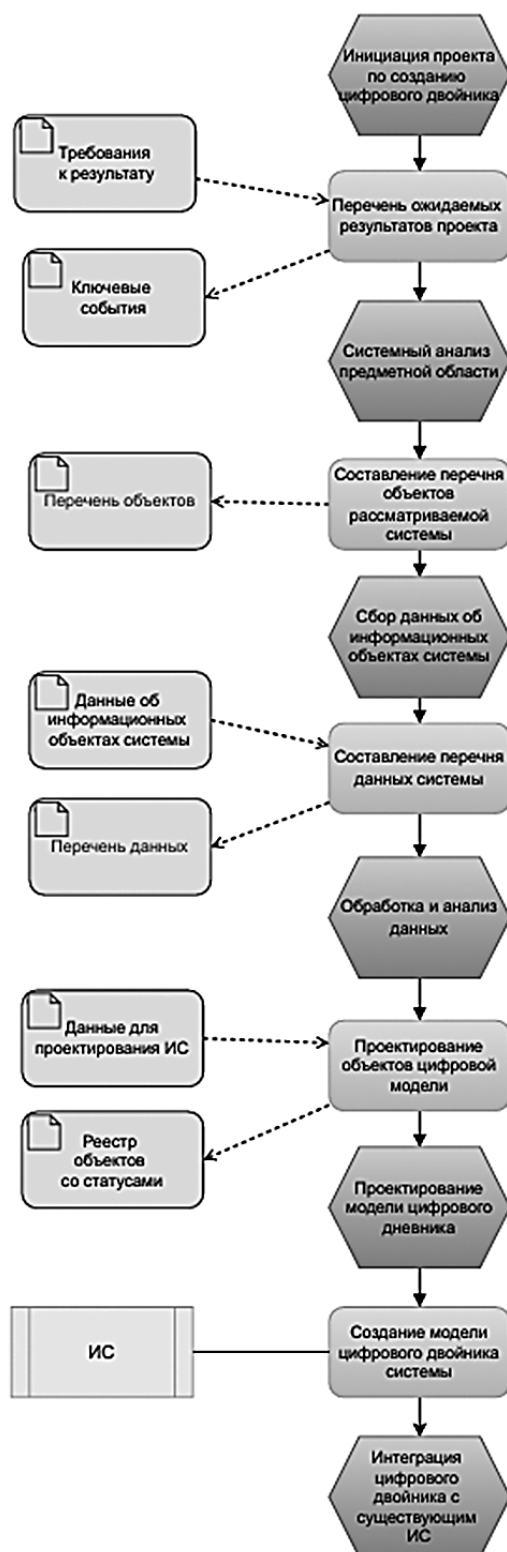


Рисунок 1 — Этапы создания цифрового двойника (разработано авторами)

Figure 1 — Stages of creating a digital twin (developed by the authors)

которой является возможность описания порядка выполнения процесса в виде последовательности действий, управляемых событиями и выполняемых исполнителями.

Рассмотрим возможности проектирования цифровых двойников на примере онтологического анализа данных [12]. Создание обобщенной онтологии этапов производственного

процесса в Protégé и представление ее в виде диаграммы классов и их свойств — это важный шаг для понимания структуры и взаимосвязей в производственной системе.

Пример онтологии производственного процесса может быть представлен в виде формализованной структуры, которая описывает основные сущности, их атрибуты и отношения.

Рассмотрим более подробно этап сбора данных об информационных объектах системы. Для формализации поставленной задачи будем использовать инструмент онтологического анализа данных, который позволит представить информацию о производственных процессах в виде классов, событий и их свойств, описанных с помощью правил и отношений между объектами.

Пример онтологии производственного процесса сборки автомобиля приведен далее.

Определим классы онтологии. Очевидно, что одним из классов будет являться класс «Автомобиль». Свойствами автомобиля могут быть модель автомобиля, его марка, информация о цвете автомобиля и годе выпуска.

Следующим классом является перечень элементов автомобиля (заготовки). Свойствами могут быть, например, наименование элемента, его тип, материал, из которого он изготовлен. Например, названием является двигатель, типом — бензиновый, дизельный и т.д., а материал — чугун, сталь и т.д.

Рассмотрим класс «Процесс». Его свойствами определим название процесса, ответственного за процесс и время, отведенное на процесс, то есть его длительность.

Класс «Рабочая сила», участвующий в процессе, характеризуется следующими свойствами: ФИО, квалификация, компетентность.

Классу «Оборудование» определим такие свойства, как наименование (например, краскопульт, полировальная машина и т.д.), тип (например, станок) и состояние.

Рассмотрим отношения между классами. В качестве первого отношения может быть: класс «Автомобиль» собирается из класса «Заготовки». Таким образом эти классы связаны между собой.

Следующие отношения перечислены ниже:

– рабочая сила выполняет определенный процесс;

– в процессе используется оборудование;
– заготовки содержат другие компоненты (например, дверь автомобиля содержит ручку).

Конкретный экземпляр класса «Автомобиль» может быть описан следующим образом:

- экземпляр автомобиля — Лада;
- модель — Гранта;
- год выпуска — 2024;
- цвет кузова — белый.

Примером следующего экземпляра класса «Заготовки» является «Двигатель»:

- тип двигателя — бензиновый;
- материал изготовления — алюминий.

В свою очередь экземпляр «Кузов» можно представить следующим образом:

- тип кузова — седан;
- материал кузова — сталь.

Рассмотрим экземпляр класса «Процессы» на примере сборки кузова автомобиля:

- время, отведенное для операции, например, пять часов;
- ответственный за реализацию данного процесса — Петров В. В.

Класс «Рабочая сила»:

- экземпляр класса — Петров В. В.;
- специальность — слесарь-сборщик;
- квалификация — 5-й разряд;
- опыт работы — 3 года.

Экземпляром класса «Оборудование» будут:

- тип — станок;
- состояние — рабочее.

Определим некоторые правила и ограничения.

1. Полный цикл процесса сборки автомобиля может осуществляться только в том случае, когда все заготовки имеются в наличии.

2. Процесс может быть выполнен специалистом только тогда, когда он обладает соответствующими компетенциями и имеет необходимую квалификацию.

3. Все оборудование, задействованное в процессе, должно находиться в исправном состоянии. В противном случае реализация процесса невозможна.

Данная онтология производственного процесса сборки автомобиля позволяет структурировать знания о процессе и облегчает взаимодействие между различными системами и участниками. Она может быть использована для автоматизации процессов, анализа дан-

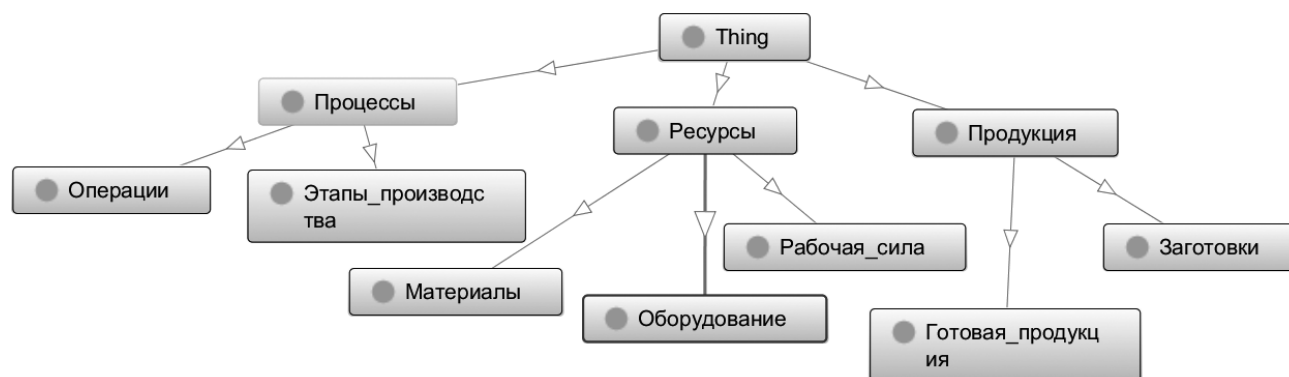


Рисунок 2 — Пример онтологии производственного процесса сборки автомобиля в виде Онтографа (разработано авторами)

Figure 2 — An example of an ontology of the production process of car assembly in the form of an Ontograph (developed by the authors)

ных и оптимизации производственных операций. Онтограф описанной онтологии представлен на рисунке 2.

Обобщая вышесказанное, можно сделать вывод, что возможность использования технологии цифровых двойников в производстве позволяет повысить эффективность работы предприятия и снизить затраты на производство.

При помощи данной технологии можно моделировать текущие бизнес-процессы, анализировать их и на основе данного анализа выявлять проблемные места.

Включение цифровых двойников в производственные процессы позволяет предприятиям адаптироваться к условиям цифровой экономики и требованиям потребителей, что положительно влияет на повышение качества

выпускаемой продукции и сокращению времени на вывод товаров и услуг на рынок.

Для успешной реализации технологий цифрового двойника необходимо учитывать такие факторы, как инвестиции в них, обучение персонала, обеспечение информационной безопасности. Важно также помнить о необходимости постоянного обновления данных и алгоритмов для поддержания актуальности цифровых моделей.

Таким образом, цифровой двойник становится неотъемлемой частью современного производства, способствуя созданию более гибких, устойчивых и конкурентоспособных предприятий. В будущем можно ожидать дальнейшего развития этой технологии и ее интеграции в различные сферы промышленности, что откроет новые возможности для роста и инноваций.

Список источников

1. Дидык Т. Г., Шаровнова Ю. В. Внедрение ERP-системы для обеспечения эффективности работы предприятия // Новые технологии в учебном процессе и производстве : материалы XXI Международной научно-технической конференции, посвященной 35-летию полета орбитального корабля-ракеты-плана многоразовой транспортной космической системы «Буран», Рязань, 12–14 апреля 2023 года. Рязань : Рязанский институт (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет», 2023. С. 452–454. EDN PGVJYO.
2. Абрамов В. И., Туйцына А. А. Цифровые двойники — эффективные инструменты цифровой трансформации компании / Управление бизнесом в цифровой экономике : сборник тезисов выступлений Четвертой международной конференции, Санкт-Петербург, 18–19 марта 2021 года / под общей редакцией И. А. Ареникова, М. К. Ценжарик. Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2021. С. 33–39. EDN BJFWCQ.
3. Преображенская Е. В., Лим А. А. Цифровые технологии в производстве. Создание виртуальной лаборатории : учебно-методическое пособие. Москва : РТУ МИРЭА, 2023. 72 с.
4. Рудской А. И. Цифровая промышленность на основе цифровых двойников // Приборы. 2021. № 3 (249). С. 9–16.

5. Прохоров А., Лysачев М. Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт. 2-е издание, исправленное и дополненное. Москва : АльянсПринт, 2020. 401 с.
6. Digital Twin Market Size, Share & Industry Analysis, By Type (Parts Twin, Product Twin, Process Twin, and System Twin), By Application (Predictive Maintenance, Business Optimization, Product Design & Development, and Others), By Enterprise Type (Large Enterprises and SMEs), By End-user (Aerospace & Defense, Automotive & Transportation, Manufacturing, Healthcare, Retail, Energy & Utilities, Real Estate, IT and Telecom, and Others), and Regional Forecast, 2025 — 2032 // Fortune Business Insights : сайт. URL: <https://www.fortunebusinessinsights.com/digital-twin-market-106246> (дата обращения: 21.05.2025).
7. What is digital-twin technology? // McKinsey & Company : сайт. URL: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-is-digital-twin-technology>. Дата публикации: 24.08.2024.
8. Стариковская Н. А., Стариковский А. И., Куц М. В. Цифровой бизнес и сквозные цифровые технологии: теория и практика : учебное пособие. Часть 1. Москва : РТУ МИРЭА, 2022. 259 с.
9. Цифровые двойники в высокотехнологичной промышленности: монография / под ред. А. И. Боровкова. Санкт-Петербург : Политех-пресс, 2022. 492 с.
10. Electrical Engineering Enterprise's Architecture Modeling as a Basis for its Transformation into Industry 4.0 / V. Martynov, T. Didyk, N. Zvereva, J. Sharonova // International Seminar on Electron Devices Design and Production, SED 2021 — Proceedings, Prague, April 27–28, 2021. Prague, 2021. P. 9444498. DOI 10.1109/SED51197.2021.9444498. EDN QOZNIJ.
11. Боргест Н. М. Онтология проектирования: генезис и развитие // Труды Двадцать первой Национальной конференции по искусственному интеллекту с международным участием (КИИ-2023), Смоленск, 16–20 октября 2023 года : в 2 томах. Том 1. Смоленск : Принт-Экспресс, 2023. С. 6–13.
12. Технологии и средства создания и ведения онтологий в информационно-аналитических системах : учебно-методическое пособие / А. А. Артамонов, Р. Р. Тукумбетова, Е. В. Антонов, Д. И. Сафиканов. Москва : Национальный исследовательский ядерный университет Московского инженерно-физического института, 2023. 44 с.

References

1. Didyk T. G., Sharovnova Yu. V. Implementation of an ERP system to ensure the efficiency of an enterprise. *Novy`e tekhnologii v uchebnom processe i proizvodstve : materialy` XXI Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii, posvyashhennoj 35-letiyu poleta orbital`nogo korablya-raketoplana mnogorazovoy transportnoj kosmicheskoy sistemy` «Buran», Ryazan`, 12–14 aprelya 2023 goda* = New technologies in the educational process and production: Proceedings of the XXI International Scientific and Technical Conference dedicated to the 35th anniversary of the flight of the orbital rocket ship of the reusable transport space system Buran, Ryazan, April 12-14, 2023. Ryazan: Ryazan Institute (branch) of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Moscow Polytechnic University"; 2023. P. 452–454. (In Russ.). EDN PGVJYO.
2. Abramov V. I., Tuitsyna A. A. Digital twins — effective tools for digital transformation of a company. *Upravlenie biznesom v cifrovoj e`konomie : sbornik tezisov vy`stuplenij Chetvertoj mezhdunarodnoj konferencii, Sankt-Peterburg, 18–19 marta 2021 goda / pod obshhej redakciej I. A. Arenkova, M. K. Cenzharik* = Business Management in the Digital Economy: collection of abstracts of speeches of the Fourth International Conference, St. Petersburg, March 18-19, 2021 / edited by I. A. Arenkov, M. K. Tsenzharik. St. Petersburg: St. Petersburg State University of Industrial Technology and Design; 2021. P. 33–39. (In Russ.). EDN BJFWCQ.
3. Preobrazhenskaya E. V., Lim A. A. Digital technologies in production. Creation of a virtual laboratory: a teaching aid. Moscow: RTU MIREA; 2023. 72 p. (In Russ.).
4. Rudskoy A. I. Digital industry based on digital twins. *Pribory` = Devices*. 2021;(3(249)):9–16. (In Russ.).
5. Prokhorov A., Lysachev M. Digital twin. Analysis, trends, global experience. 2nd edition, revised and supplemented. Moscow: AlliancePrint; 2020. 401 p. (In Russ.).
6. Digital Twin Market Size, Share & Industry Analysis, By Type (Parts Twin, Product Twin, Process Twin, and System Twin), By Application (Predictive Maintenance, Business Optimization, Product Design & Development, and Others), By Enterprise Type (Large Enterprises and SMEs), By End-user (Aerospace & Defense, Automotive & Transportation, Manufacturing, Healthcare, Retail, Energy & Utilities, Real Estate, IT and Telecom, and Others), and Regional Forecast, 2025 — 2032. Fortune Business Insights: site. Available from: <https://www.fortunebusinessinsights.com/digital-twin-market-106246> (date of access: May, 21 2025).
7. What is digital-twin technology? // McKinsey & Company: site. Available from: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-is-digital-twin-technology>. Publication date: August 24, 2024.

8. Starikovskaya N. A., Starikovskiy A. I., Kushch M. V. Digital business and end-to-end digital technologies: theory and practice: a tutorial. Part 1. Moscow: RTU MIREA; 2022. 259 p. (In Russ.).
9. Digital twins in the high-tech industry: monograph / ed. by A. I. Borovkov. St. Petersburg: Polytech-press; 2022. 492 p. (In Russ.).
10. Electrical Engineering Enterprise's Architecture Modeling as a Basis for its Transformation into Industry 4.0 / V. Martynov, T. Didyk, N. Zvereva, J. Sharonova. International Seminar on Electron Devices Design and Production, SED 2021 — Proceedings, Prague, April 27–28, 2021. Prague; 2021. P. 94444498. DOI 10.1109/SED51197.2021.94444498. EDN QOZNIJ.
11. Borgest N. M. Design ontology: genesis and development. *Trudy` Dvadczat` pervoj Nacional`noj konferencii po iskusstvennomu intellektu s mezhdunarodny`m uchastiem (KII-2023), Smolensk, 16–20 oktyabrya 2023 goda : v 2 tomax. Tom 1 = Proceedings of the Twenty-first National Conference on Artificial Intelligence with International Participation (KII-2023), Smolensk, October 16–20, 2023: in 2 volumes. Volume 1.* Smolensk: Print-Express; 2023. P. 6–13. (In Russ.).
12. Technologies and means of creating and maintaining ontologies in information-analytical systems: a teaching aid / A. A. Artamonov, R. R. Tukumbetova, E. V. Antonov, D. I. Safikanov. Moscow: National Research Nuclear University of Moscow Engineering Physics Institute; 2023. 44 p. (In Russ.).

Информация об авторах

Т. Г. Дидык — кандидат технических наук, доцент кафедры статистики и бизнес-информатики;
 Ю. В. Шаронова — кандидат социологических наук, доцент кафедры статистики и бизнес-информатики;
 О. А. Мухаметьянова — преподаватель кафедры экономики и информационных технологий.

Information about the authors

T. G. Didyk — Candidate of Science (Technical), Associate Professor of the Department of Statistics and Business Informatics;
 J. V. Sharonova — Candidate of Science (Sociological), Associate Professor, Department of Statistics and Business Informatics;
 O. A. Mukhametyanova — lecturer at the Department of Economics and Information Technology.

Статья поступила в редакцию 30.05.2025; одобрена после рецензирования 16.06.2025; принята к публикации 23.06.2025.

The article was submitted 30.05.2025; approved after reviewing 16.06.2025; accepted for publication 23.06.2025.