

УДК 332.143

## Влияние цифровых двойников на оптимизацию бизнес-процессов промышленных предприятий

Е. С. Подборнова

Самарский национальный исследовательский университет имени академика  
С. П. Королева, Россия, 443086, Самара, Московское шоссе, 34.

### Аннотация

В настоящей статье рассмотрено влияние на бизнес-процессы цифровых двойников, применяемых в различных отраслях промышленности отечественных и зарубежных предприятий в разрезе повышения эффективности их функционирования на основе внедрения первых в производственные и управленческие процессы. Проанализированы эффекты от внедрения и преимущества цифрового двойника, а также влияние на бизнес-процессы промышленного предприятия, с точки зрения их оптимизации. Рассмотрен опыт применения цифровых двойников отечественными и зарубежными предприятиями. Сделаны выводы об актуальности и целесообразности использования технологий цифровизации в современных экономических условиях.

**Ключевые слова:** цифровизация; цифровой двойник; бизнес-процессы; промышленные предприятия; эффективность; конкурентоспособность.

Получение: 1 октября 2024 г. / Исправление: 31 октября 2024 г. /  
Принятие: 30 ноября 2024 г. / Публикация онлайн: 28 января 2025 г.

## Введение

Цифровые технологии сегодня широко распространены и активно применяются во всех сферах и отраслях хозяйственной деятельности, являясь уже, не столько тенденцией, сколько необходимостью для удержания конкурентных позиций [1].

Цифровая трансформация бизнеса является сегодня залогом его успешного и эффективного развития, и обуславливает актуальную необходимость модернизации процессов сбора, хранения и обработки данных [2].

### Региональная и отраслевая экономика (научная статья)

© Коллектив авторов, 2024

© Самарский университет, 2024 (составление, дизайн, макет)

📄 ©️🌐 Контент публикуется на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>)

### Образец для цитирования:

Подборнова Е. С. Влияние цифровых двойников на оптимизацию бизнес-процессов промышленных предприятий // *Вестник Самарского университета. Экономика и управление*, 2024. Т. 15, № 4. С. 177–186. doi: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-4-177-186>.

### Сведения об авторе:

Екатерина Сергеевна Подборнова  <http://orcid.org/0000-0002-5135-7961>  
к.э.н., доцент кафедры экономики инноваций; e-mail: [kate011087@rambler.ru](mailto:kate011087@rambler.ru)

Цифровизация бизнес-процессов представляет собой важное и необходимое условие адаптации бизнеса к постоянно меняющимся условиям рынка и экономики, в целом, при условии сохранения и, даже, увеличения эффективности функционирования предприятий [3–5].

Современное промышленное предприятие – сложная многоаспектная система. Следовательно, управление в такой системе – это комплекс, включающий в себя методы, инструменты и принципы управления, направленные на достижение поставленных производственных целей и задач, при условии минимизации затрат [6].

Актуальные тенденции развития промышленных предприятий, обусловленные глобальными изменениями факторов производства, включают в себя:

- переход большинства сфер деятельности предприятий на цифровой путь на основе современного ПО и высокотехнологичного оборудования;
- повышение стоимости используемых ресурсов;
- формирование новых производственных цепей замещения номенклатуры производимой продукции;
- удержание конкурентных позиций, что особенно актуально сегодня для отечественных производств.

Все это делает необходимым глобальное обновление и реформирование стратегий функционирования предприятий для повышения эффективности, увеличения производительности, обеспечения финансовой устойчивости, улучшения качества продукта и, в конечном счете, получения конкурентных преимуществ в долгосрочной перспективе.

Учитывая, что бизнес-процессы предприятия охватывают все сферы его деятельности, выделение процессного подхода в качестве наиболее эффективного механизма, основанного на глубоком анализе и оптимизации бизнес-процессов, является приоритетным фактором формирования стратегий, обеспечивающих конкурентные преимущества.

В свою очередь, курс руководства предприятий, направленный на формирование политики совершенствования управленческих систем на основе удержания конкурентных позиций, позволяет достигать поставленных целей в условиях меняющейся рыночной конъюнктуры и других внешних и даже внутренних факторов.

Помимо этого, гибкие системы, способные с минимальной задержкой и затратами реагировать на изменение условий по всей производственной цепи должны также обладать способностью надлежащим образом адаптироваться к новым условиям.

К примеру, гибкость производственного механизма должна обеспечивать сглаживание колебаний спроса, требования к новой конфигурации продукта или логистической цепочке, и нейтрализовать иные внешние и внутренние колебания. А система IT-производства – обрабатывать поступающие данные от заинтересованных лиц, с последующим внесением корректировок в производственный процесс или конечный продукт, без прерывания производственного цикла.

Целью данной работы является исследование влияния цифровых двойников на оптимизацию бизнес-процессов промышленных предприятий.

Следует отметить, что у исследуемого явления весьма широкий спектр применения, включающий не только перевод физического объекта в цифровую модель, но и возможности аналитики, планирования и прогнозирования явлений без непосредственного участия объекта.

## 1. Ход исследования

Понятие и явление цифрового двойника — результат новой технологической революции и одно из следствий Индустрии 4.0. С появлением интернета вещей (IoT) цифровое производство стало актуальным, эффективным стандартом экономики.

Технология цифровых двойников позволяет предприятиям использовать компьютерные модели для прогнозирования поведения тех или иных процессов, не затрагивая непосредственно сам объект изучения, что, в свою очередь позволяет избегать большого числа рисков и непоправимого ущерба предприятию. А также, это открыло возможности для тестирования новых идей и проектов без существенных вложений ресурсов, необходимых, в случае с реальным физическим объектом.

Сущность метода заключается в том, чтобы перенести существующую или, планируемую к реализации систему (например предприятие), в виртуальный формат 1:1, таким образом, создав взаимосвязь между ними, позволяющую отражать состояние физического объекта, отражая производительность, эффективность принимаемых решений и актуальные показатели на выходе. Помимо этого, такая модель способна предупреждать о сбоях и иных отклонениях заблаговременно.

Технология в разы упрощает взаимодействие управленческой структуры с объектом управления, создает экономию ресурсов, минимизирует появления ошибок и сбоев, продлевая срок службы оборудования, что позволяет максимизировать прибыль от инвестиций, повышает клиентоориентированность и конкурентоспособность предприятия.

Сегодня Цифровой двойник – концепция, применяемая в большинстве прогрессивных предприятий различных отраслей хозяйствования.

Исследование маркетингового агентства Markets&Markets, занимающегося бизнес-аналитикой различных рыночных отраслей, показало рост рынка цифровых двойников с 3 миллиардов долларов США до 48 миллиардов в 2020 году, при том, что предыдущий анализ 2019 года показывал прогнозные значения 15,6 млрд. только к 2023 году [1].

Представим динамику прогноза емкости рынка цифровых двойников на рисунке 1.

Такая динамика и расхождения в прогнозных значениях связано, в первую очередь, со значительным ростом сферы здравоохранения и фармацевтики, связанным с COVID-19.

Рейтинговое агентство Market Research Future делает прогноз по объему рынка до уровня 35.5 млрд. долл. К концу 2025 года, а среднегодовой темп роста в 42.5 % [2].

Самым крупным цифровым двойником, реализованным на практике, можно считать двойник города. Таким образом власти Сингапура создали виртуальную копию города для мониторинга уровня загрязнения, прогнозирования климатических изменений, планирования городских пространств, а также предотвращения и своевременной реакции на чрезвычайные ситуации.

Автомобильная промышленность – одна из сфер, получивших наибольшее распространение этой технологии. Так, к примеру, сотрудничество компаний «Siemens» и «Maserati S.p.A.» привело к созданию и внедрению на одном из заводов двойник автомобиля представительского класса Ghibli, отражающего точные характеристики оригинала, что способствовало разработке этого автомобиля, сократив время его разработки на 30 %, значительно снизив ресурсные вложения в прототипирование и реальные испытания.

В дополнение, технология цифрового двойника позволила сократить время выхода модели на рынок в два, а пропускную способность производства увеличить в 3 раза, за счет сокращения времени простоя [3].

Покажем на рис. 2 стоимость изменения конструкции продукта с помощью цифрового двойника и при разработке традиционным способом.

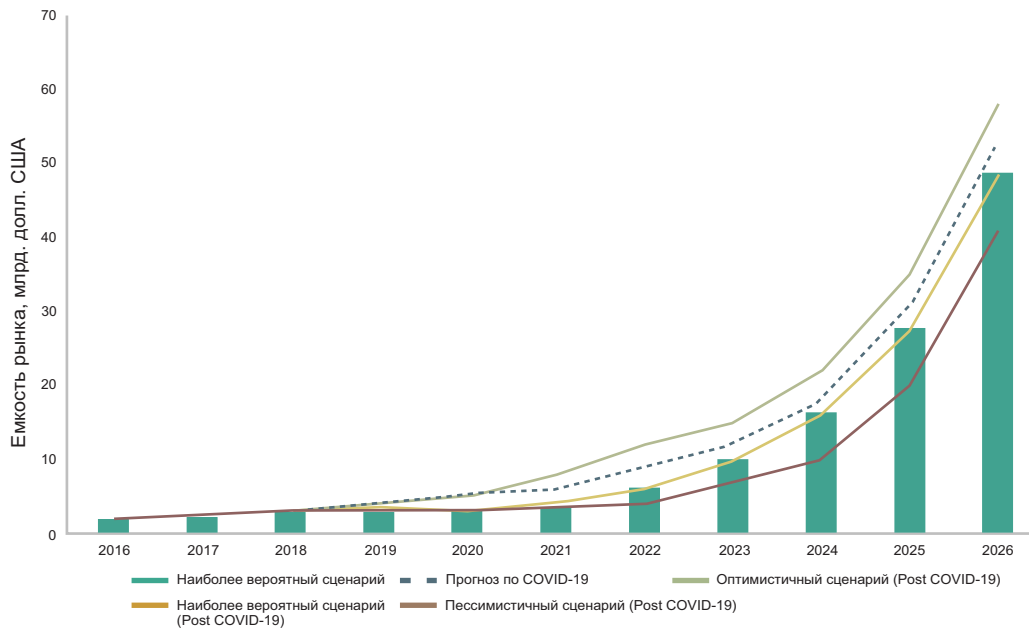


Рис. 1: Прогноз емкости рынка цифровых двойников до 2026 года с анализом воздействия COVID-19 [3].

Fig. 1: Forecast of the capacity of the digital twins market until 2026 with an analysis of the impact of COVID-19 [3].

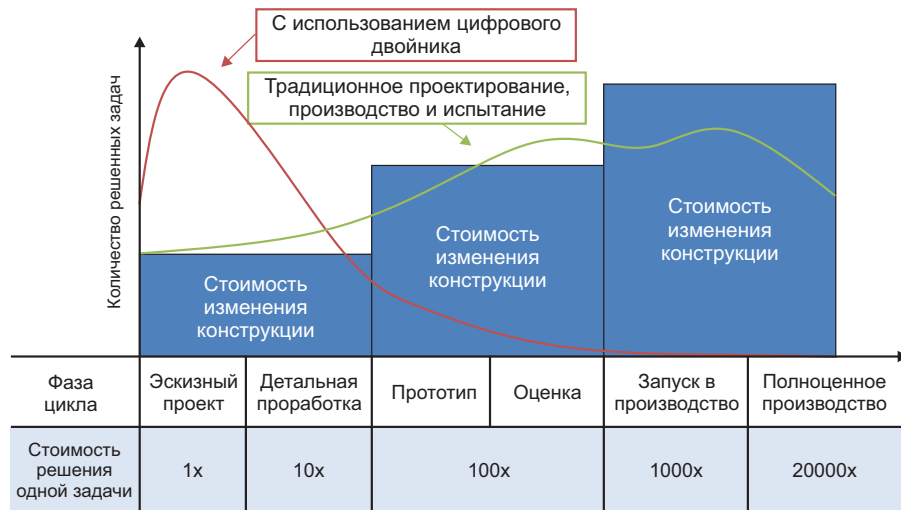


Рис. 2: Стоимость изменения физического объекта в различных масштабах [4].

Fig. 2: The cost of changing a physical object at various scales [4].

На основе открытых данных о промышленных предприятиях, использующих концепцию ЦД, а также информации аналитического агентства цифрового консалтинга КМДА, определим характерные особенности влияния рассматриваемой цифровой технологии на бизнес-процессы промышленных предприятий на рис. 3.

Больше половины исследуемых предприятий отмечают в положительных эффектах сокращение издержек, повышение эффективности процессов и повышение производительности [5–6].



Рис. 3: Влияние внедрения цифрового двойника на бизнес-процессы промышленных предприятий.

Fig. 3: The impact of the introduction of a digital twin on the business processes of industrial enterprises.

Также, исходя из открытых данных, сформулируем факторы, способствующие стимулированию внедрения ЦД в производственную деятельность и отразим на рисунке 4.



Рис. 4: Факторы, стимулирующие внедрение цифровых двойников в производство.

Fig.4: Factors stimulating the introduction of digital twins into production.

Анализируя данные, можно сделать вывод, что более 30% предприятий выделяют стимулом ко внедрению технологии повышение качества продукта и снижение стоимости производства.

Продолжая тему автомобильной промышленности и повышения эффективности функционирования, рассмотрим пример отечественного производителя АО «КАМАЗ», на чьем заводе были смоделированы двойники 28 станков с программным управлением, 20 универсальных станков и более 50 видов другого оборудования. В 2021 году там же был создан двойник станка, с двойником технологического процесса и управляющей программой для обработки на станке ЧПУ, что позволило разбить все этапы производства на симуляции по этапам производства и довести мощность оборудования до значений близких к 100%.

По итогу реализации двойника удалось:

- сократить время выработки детали с получаса до 10 минут 12 секунд. Аналогично, со слов разработчиков проекта, можно создавать такие же высокопроизводительные процессы для любого оборудования;
- снизить затраты, по предварительным расчетам, на 18 миллионов рублей в год, высвободив время для обработки других деталей.

Прямой экономический эффект, таким образом, должен составить порядка 40 млн. рублей, а косвенный, при выходе на технологический рынок сложных запчастей, – до 1 млрд. с каждого станка [7].

Рассмотрим примеры внедрения цифровых двойников в нефтегазовой отрасли. Здесь они также широко представлены по всему жизненному циклу от добычи ПИ и до выхода конечного продукта на рынок. Цифровые модели сокращают здесь капитальные затраты, облегчают транспортировку и переработку и ускоряют добычу сырья.

Это особенно необходимо при добыче в труднодоступных районах. Норвежская нефтедобывающая и перерабатывающая компания Aker BP, реализовала двойник для удаленного мониторинга и управления оборудованием на континентальном шельфе. Таким образом, компании удалось снизить трудозатраты на платформе, перенеся большую часть персонала на сушу. Это создало существенную экономию, сократив среднегодовые затраты на каждого сотрудника, примерно в миллион евро.

Еще один пример цифрового моделирования — европейская компания Schneider Electric, благодаря своевременному внедрению цифровой системы аналитики, удалось предсказать сбой компрессора, до за 25 дней до реального случая, что позволило сберечь компании миллионы долларов.

Обращаясь к отрасли авиастроения, можно вспомнить опыт голландской компании KLM. Исходя из их аналитики, цифровое моделирование позволило сократить количество поломок оборудования и простоев на 50 %.

Российская компания «Объединенная двигателестроительная корпорация» в 2021 году начала производство высококонкурентных двигателей по концепции цифрового двойника, результатами внедрения стали: повышение эффективности управления жизненным циклом двигателя, возможность проведения виртуальных испытаний, сокращение времени разработки двигателей, возможность внесения корректировок в разработку на всех этапах последовательно, сократив затраты компании на 30 %.

Можно определить потенциальные возможности технологии двойников и цели их применения на промышленных предприятиях. К ним можно отнести:

- прогнозирование внедряемых решений;
- текущая аналитика и сбор данных;
- обнаружение и предотвращение проблем до их появления;
- определение характеристик будущих образцов;
- выстраивание логистических цепочек;
- определение необходимости технического обслуживания;
- определить ключевые показатели эффективности;
- выявить уязвимые места в системе;

Таким образом, внедряемый цифровой двойник позволяет воспроизвести практически любые бизнес-процессы без ущерба для объекта внедрения, а также проводить анализ сценариев «что-если» и последующего выявления взаимосвязей при тесном взаимодействии с управляющими структурами [8–10].

Преимущества технологии «Цифровой двойник» представим в таблице 1.

Таблица 1: Характеристика преимуществ от внедрения цифрового двойника на промышленном предприятии.

Table 1: Characteristics of the advantages of introducing a digital twin in an industrial enterprise.

Этап жизненного цикла	Преимущества
Проектирование и производство	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Улучшение характеристик на основе виртуального проектирования.</li> <li>2. Минимизация ошибок за счет их тестирования в виртуальной среде.</li> <li>3. Повышение контроля.</li> </ol>
Эксплуатация	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Повышение промышленной безопасности и снижение риска причинения вреда здоровью работников (на основе прогнозирования системой технических проблем).</li> <li>2. Повышение точности производственных операций за счет имитации и контроля процесса цифровым двойником.</li> </ol>
Техническое обслуживание	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Непрерывный мониторинг состояния физического объекта в реальном времени.</li> <li>2. Возможность предиктивного обслуживания и ремонта.</li> <li>3. Оптимизация технического обслуживания и ремонта.</li> <li>4. Точное прогнозирование срока полезного использования оборудования (в соответствии с его техническим состоянием).</li> </ol>

Можно видеть, что технология Цифровых двойников перспективна и имеет большое количество преимуществ. А отечественный и зарубежный опыт разных масштабов и отраслей иллюстрируют высокую результативность и эффективность технологии, а в долгосрочной перспективе и значительном масштабе – высокий экономический эффект.

## Заключение

Цифровизация — процесс перевода производства в цифровой виртуальный формат. Важность цифровизации заключается, прежде всего, в повышении эффективности и открытости бизнес-процессов предприятий. Ускорение скорости обработки данных, детализованная аналитика, безопасность использования — основные преимущества цифрового формата. Можно однозначно сказать, что сегодня явление Цифрового двойника в промышленном производстве не ново, а эффективность от его внедрения доказана на практике и подтверждена отечественным и зарубежным опытом. Сегодня ЦД изменяют способы производства, повышают производительность и ускоряют вывод продукта на рынок, обеспечивая конкурентные преимущества. Дальнейшая цифровизация и новая индустриальная трансформация, ведущая в будущем к Индустрии 5.0, откроет новые возможности для применения технологий двойников.

В процессе анализа использования в различных отраслях были выявлены основные преимущества цифрового двойника и были рассмотрены основные проблемы, с которыми сталкиваются предприятия при внедрении цифрового двойника.

**Конкурирующие интересы:** Конкурирующих интересов нет.

### Библиографический список

1. Digital Twin Market worth \$48.2 billion by 2026. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/digital-twin.asp> (дата обращения: 12.11.2024).
2. Digital Twin Market to Demonstrate a Robust Growth Over 2025. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.marketresearchfuture.com/press-release/digital-twin-industry> (дата обращения: 13.11.2024).
3. Габитова Г.Ф., Хватова Т.Ю. Цифровой двойник как основа инновационного развития малых и средних предприятий автомобильной промышленности на примере Германии и России // Бизнес. Образование. Право. – 2020. – № 3 (52). – С. 132–138. EDN: САКЛIE.
4. Руткаускас Т.К. Экономика организации (предприятия): учебное пособие / Т.К. Руткаускас [и др.]; под общей ред. д-ра экон. наук, проф. Т.К. Руткаускас. – 2-е изд., перераб. и доп. – Екатеринбург: Изд-во УМЦ УПИ, 2018. – 260 с. ISBN: 978-5-8295-0563-9.
5. Цифровой консалтинг КМДА. Цифровая трансформация в России – 2020. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://komanda-a.pro/projects/dtr\\_2020](https://komanda-a.pro/projects/dtr_2020) (дата обращения: 14.11.2024).
6. Савина Е.С., Гусев В.Г. Сокращение срока технологической подготовки производства корпусных деталей на станках с числовым программным управлением // Master's Journal. – 2016. – № 1. – С. 153–157. EDN: WСУНГХ.
7. Авдеев В. ПАО «КАМАЗ»: цифровое производство и эффективность бизнеса. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.tbforum.ru/blog/pao-kamaz-cifrovoye-proizvodstvo-i-ehffektivnost-biznesa> (дата обращения: 14.11.2024).
8. Барановский В.Ю., Зайченко И.М. Формирование стратегической карты управления предприятием на основе концепции цифровой трансформации бизнеса // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. – 2018. – Т. 11. – № 3. – С. 185–193. EDN: ХVУОРВ.
9. Землякова С.Н. Методические аспекты цифровизации бизнес-процессов организаций в условиях перехода на цифровую экономику // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2019. – № 4-2. – С. 186–189. EDN: LMCHSC.
10. Симченко Н.А., Цёхла С.Ю. Цифровые двойники в экономическом развитии промышленности: управление и эффекты: монография. – Симферополь: Издательский дом КФУ, 2021. – 238 с. ISBN: 978-5-6046333-7-3. EDN: ZFHUO.



## The influence of digital twins on the optimization of business processes of industrial enterprises

E. S. Podbonova

Samara National Research University, 34,  
Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russia.

### Abstract

This article examines the impact of digital twins on business processes used in various industries of domestic and foreign enterprises in terms of increasing the efficiency of their functioning based on the introduction of the former into production and management processes. The effects of the implementation and advantages of a digital twin, as well as the impact on the business processes of an industrial enterprise, are analyzed from the point of view of their optimization. The experience of using digital twins by domestic and foreign enterprises is considered. Conclusions are made on the relevance and feasibility of using digitalization technologies in modern economic conditions.

**Keywords:** digitalization; digital twin; business processes; industrial enterprises; efficiency; competitiveness.

Received: Tuesday 1<sup>st</sup> October, 2024 / Revised: Thursday 31<sup>st</sup> October, 2024 /  
Accepted: Saturday 30<sup>th</sup> November, 2024 / First online: Tuesday 28<sup>th</sup> January, 2025

**Competing interests:** No competing interests.

### References

1. Digital Twin Market worth \$48.2 billion by 2026. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/digital-twin.asp> (accessed: 12.11.2024).
2. Digital Twin Market to Demonstrate a Robust Growth Over 2025. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.marketresearchfuture.com/press-release/digital-twin-industry> (accessed: 13.11.2024).

### Regional and Sectoral Economics (Research Article)

© Authors, 2024


© Samara University, 2024 (Compilation, Design, and Layout)

Ⓐ © ⓘ The content is published under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

### Please cite this article in press as:

Podbornova E. S. The influence of digital twins on the optimization of business processes of industrial enterprises, *Vestnik Samarskogo Universiteta. Ekonomika i Upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2024, vol. 15, no. 4, pp. 177–186. doi:<http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-4-177-186> (In Russian).

### Author's Details:

Ekaterina S. Podbornova  <http://orcid.org/0000-0002-5135-7961>

Ph.D. in Economics, Associate Professor of the Department of innovation Economics;

e-mail: [kate011087@rambler.ru](mailto:kate011087@rambler.ru)

3. Gabitova G.F., Khvatova T.Yu. Digital twin as a basis for innovative development of small and medium-sized enterprises in the automotive industry on the example of Germany and Russia // Business. Education. Law. – 2020. – No. 3 (52). – pp. 132–138. EDN: CAKLIE (In Russ.)
4. Rutkauskas TK Economics of the organization (enterprise): study guide / TK Rutkauskas [et al.]; edited by Doctor of Economics, prof. TK Rutkauskas. – 2nd ed., revised and enlarged. – Ekaterinburg: Publishing house of UMC UPI, 2018. – 260 p. ISBN: 978-5-8295-0563-9 (In Russ.).
5. Digital consulting KMDA. Digital transformation in Russia – 2020. [Electronic resource]. Access mode: [https://komanda-a.pro/projects/dtr\\_2020](https://komanda-a.pro/projects/dtr_2020) (accessed: 14.11.2024) (In Russ.)
6. Savina E.S., Gusev V.G. Reduction of the term of technological preparation for the production of body parts on machines with numerical control // Master's Journal. – 2016. - No. 1. - pp. 153–157. EDN: WCYHGX. (In Russ.)
7. Avdeev V. PJSC KAMAZ: digital production and business efficiency. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.tbforum.ru/blog/pao-kamaz-cifrovoe-proizvodstvo-i-ehffektivnost-biznesa> (accessed: 14.11.2024) (In Russ.)
8. Baranovsky V.Yu., Zaychenko I.M. Formation of a strategic map of enterprise management based on the concept of digital business transformation // Scientific and technical statements of the St. Petersburg State Polytechnical University. Economic sciences. – 2018. – Vol. 11. – No. 3. – pp. 185–193. EDN: XVYOPB. (In Russ.)
9. Zemlyakova S.N. Methodological aspects of digitalization of business processes of organizations in the context of transition to a digital economy // Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law. – 2019. – No. 4–2. – pp. 186–189. EDN: LMCHSC. (In Russ.)
10. Simchenko N.A., Tsyokhla S.Yu. Digital twins in the economic development of industry: management and effects: monograph. – Simferopol: KFU Publishing House, 2021. – 238 p. ISBN: 978-5-6046333-7-3. EDN: ZFHUO. (In Russ.)