

УДК 004.942:629

<http://doi.org/10.35854/1998-1627-2023-6-662-669>

Использование цифровых двойников в автомобильной промышленности: российский и зарубежный опыт

Дмитрий Алексеевич Сосфенов

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия
dmitral@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0006-2144-1317>

Аннотация

Цель. Определить широту применения цифровых двойников в автомобильной промышленности в России и за рубежом, а также сравнить уровень внедрения инновационной технологии в производство.

Задачи. Рассмотреть общие вопросы цифровизации автомобильной промышленности и инструменты, с помощью которых она осуществляется, включая такой инструмент, как цифровой двойник; охарактеризовать проблемные вопросы, которые необходимо решить в процессе производства автомобилей при помощи цифровых двойников; на основе анализа примеров применения цифровых двойников в автопромышленности России и зарубежных стран показать уровень развития технологии и преимущества ее использования.

Методология. Поставленные задачи решены с помощью эмпирических методов исследования, в частности на основании изучения различных источников информации, включая научные труды исследователей, а также анализа полученных данных с последующими выводами.

Результаты. Наряду с многими другими эффективными инструментами цифровизации цифровой двойник помогает предприятиям из сферы автомобильной промышленности выйти на новый технологический уровень развития, оптимизируя производственные процессы и повышая конкурентоспособность производимой продукции и компаний. Существует несколько граней технологии цифровых двойников, позволяющих решать важнейшие задачи на каждом этапе проектирования, производства и тестирования автомобилей, сокращая при этом временные и материальные издержки. Технология постепенно начинает использоваться в ведущих компаниях по производству автомобилей, как в России, так и за рубежом. Особенно эффективным представляется применение цифровых двойников при производстве электромобилей.

Выводы. Цифровые двойники служат эффективным инструментом цифровизации автомобильной промышленности, позволяющим сократить издержки и время, затраченное на разработку и производство продукции, а также на проведение различных испытаний автомобилей. Кроме того, ввиду применения технологии у производителей открыта возможность выявлять новые пути совершенствования продукции, расширять модельный ряд, повышать условия безопасности и комфорта для клиентов. Благодаря имеющимся преимуществам, технология активно внедряется в производство зарубежных и отечественных автомобилей. Однако при отсутствии всех необходимых ресурсов в России производство автомобилей с применением цифровых двойников происходит не настолько активно, как в других странах.

Ключевые слова: цифровой двойник, цифровизация, автомобильная промышленность, инструменты цифровизации, цифровая трансформация, инновации, цифровое моделирование

Для цитирования: Сосфенов Д. А. Использование цифровых двойников в автомобильной промышленности: российский и зарубежный опыт // *Экономика и управление*. 2023. Т. 29. № 6. С. 662–669. <http://doi.org/10.35854/1998-1627-2023-6-662-669>

Use of digital twins in automotive industry: Russian and foreign experience

Dmitrii A. Sosfenov

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

dmitral@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0006-2144-1317>

Abstract

Aim. To determine the breadth of application of digital twins in the automotive industry in Russia and abroad, and to compare the level of implementation of innovative technology in production.

Tasks. To consider the general issues of digitalization of the automotive industry and the tools by which it is carried out, including such a tool as a digital twin; to characterize the problem issues that need to be solved in the production of cars with digital twins; based on the analysis of examples of digital twins in the automotive industry in Russia and foreign countries to show the level of technology development and advantages of its use.

Methods. The objectives were solved by using empirical research methods, in particular based on the study of various sources of information, including the scientific works of researchers, as well as the analysis of the data obtained with subsequent conclusions.

Results. Along with many other effective tools of digitalization, the digital twin helps enterprises from the automotive industry to reach a new technological level of development, optimizing production processes and increasing the competitiveness of manufactured products and companies. There are several facets of digital twin technology that enable critical tasks at every stage of vehicle design, production and testing, while reducing time and material costs. The technology is gradually beginning to be used in leading car manufacturing companies, both in Russia and abroad. Especially effective is the use of digital twins in the production of electric cars.

Conclusions. Digital twins serve as an effective tool for the digitalization of the automotive industry, allowing to reduce costs and time spent on product development and production, as well as on various vehicle tests. In addition, due to the use of technology, manufacturers have the opportunity to identify new ways to improve products, expand the model range, and improve safety and comfort for customers. Due to these advantages, the technology is actively being introduced in the production of foreign and domestic cars. However, in the absence of all necessary resources in Russia, the production of cars using digital twins is not as active as in other countries.

Keywords: *digital twin, digitalization, automotive industry, digitalization tools, digital transformation, innovation, digital modeling*

For citation: Sosfenov D.A. Use of digital twins in automotive industry: Russian and foreign experience. *Ekonomika i upravlenie = Economics and Management*. 2023;29(6):662-669. (In Russ.). <http://doi.org/10.35854/1998-1627-2023-6-662-669>

Введение

В настоящее время автомобильная промышленность повсеместно сталкивается с многочисленными проблемами, связанными с изменениями рынка. Появляются сильные игроки, стремительно набирающие популярность, которые готовы предложить потребителю достойные многофункциональные автомобили по более низким ценам, чем у конкурентов. В связи с этим производители ищут новые эффективные способы укрепления своей позиции на рынке, повышения производительности и конкурентоспособности, привлечения клиентов новейшими решениями, избегая при этом роста издержек и, как следствие, себестоимости автомобилей.

Важную роль в повышении эффективности производства играет цифровизация, которая, наряду с иными секторами, затронула и автомобильную промышленность. В статье нами рассмотрены вопросы об использовании такого инструмента цифровизации, как цифровой двойник, и опыте внедрения данной технологии в производство автомобилей на предприятиях в России и зарубежных странах.

Цифровой двойник как инструмент цифровизации автомобильной промышленности

В эпоху цифровой трансформации главными инструментами оптимизации бизнеса выступают информационно-коммуникационные

технологии. Именно такие технологии стали одним из факторов обеспечения надежного, гибкого и эффективного производства, особенно если речь идет о повышенной сложности производственного процесса. Внедрение технологий Индустрии 4.0 видится основной тенденцией развития в мировом производстве [1].

Она и ее главные технологии объединяют аналитику данных, интернет вещей и производственное оборудование в киберфизические системы. В список технологий, связанных с Индустрией 4.0, входят промышленные датчики, роботы и коллаборативные роботы (коботы), прогнозная аналитика, машинное обучение, автономная внутризаводская логистика, моделирование и цифровые двойники, дополненная и виртуальная реальность, носимые устройства и 3D-печать. Отличительной чертой Индустрии 4.0 является сетевое взаимодействие между людьми и физическими, цифровыми промышленными процессами на протяжении всей цепочки создания стоимости. Интеграция физического и цифрового пространства вместе с непрерывным анализом в режиме реального времени способствует улучшению производства, что может привести к более гибкому и эффективному производственному процессу.

Повышение прибыльности компаний-производителей автомобилей может быть достигнуто за счет улучшения предлагаемой продукции (гибкости), эффективного использования активов (оптимизации) и снижения затрат на рабочую силу (автоматизации) [2, р. 7]. Компании, которые возьмут на себя инициативу в разработке новых услуг и продуктов, связанных с процессом цифровизации, будут иметь значительное преимущество в конкурентной борьбе в автомобильной промышленности. Однако для этого необходимы инвестиции в цифровую трансформацию. В частности, внедрение технологии цифровых двойников также требует немалых финансовых вложений [3].

Цифровые двойники имеют важное значение, благодаря их способности приносить значительные преимущества автопроизводителям, дизайнерам и производителям отдельных деталей и оборудования. Согласно отчету *Global Market Insights* [4], в 2022 г. на автомобильный сегмент конечного использования приходилось более 15 % доли рынка цифровых двойников из-за растущего

внедрения *IoT* и *Industry 4.0* в автомобильном секторе.

Задачи, которые помогает решить цифровой двойник в автомобильной промышленности

Цифровой двойник представляет собой цифровое изображение производственной системы и состоит из цифровой модели и данных о каждом физическом активе на предприятии. С помощью цифрового двойника разрыв между проектированием продукта и производственными операциями может быть сокращен путем привязки продуктов к производственному оборудованию. Цифровизация и развитие ее методов приносят значительные преимущества в различных областях производства [5].

Главные преимущества использования технологии цифровых двойников в производстве автомобилей заключаются в повышении производительности, экономии времени, снижении затрат, определении новых направлений бизнеса, повышении качества продукции и кибербезопасности, снижении рисков и росте общей эффективности деятельности предприятия.

Разные виды цифровых двойников описывают процесс производства автомобиля с разных сторон. Рассмотрим подробнее наиболее известные грани цифрового близнеца автомобиля.

1. **Функциональный близнец-прототип:** на первом этапе производства создается функциональное описание транспортных средств с использованием имитационных моделей системной инженерии. Это описание становится основой функционального образа автомобиля. Такой функциональный близнец, например, существует у каждого контроллера автомобиля. Он содержит различные параметры и характеристики поведения системы для тестового моделирования.

2. **Цифровой жгут проводов:** цифровые жгуты проводов в транспортных средствах в настоящее время представляют собой важную область исследований. Цель создания таких имитационных моделей состоит в том, чтобы в цифровом виде записать и оптимизировать систему проводов автомобиля в целом.

3. **Двойник прототипа:** чтобы снизить затраты на процесс разработки, создают большое количество цифровых прототипов.

Их тестируют в рамках различных смоделированных сценариев, чтобы заранее выявить и устранить возможные ошибки, сэкономив тем самым время и средства для дальнейшего процесса разработки.

4. Геометрический близнец — это геометрический прототип автомобиля. Он содержит информацию в целом о технологии соединения отдельных частей автомобиля.

5. Двойник моделирования используют в целях разработки новых обновлений программного обеспечения для существующих моделей автомобилей.

6. Близнецы виртуальной реальности применяются для иллюстрации продукта. Этот тип цифрового двойника используют с целью имитации и оптимизации ручной сборки автомобиля.

7. Повторное использование двойника: в конце жизненного цикла цифровой двойник можно использовать повторно. Это позволяет сделать выводы, например, об улучшении переработки, а также о необходимости оптимизации автомобилей новых серий [6].

Автомобильная промышленность со временем в значительной степени изменилась, поскольку потребности людей растут, а новые технологии постоянно появляются в этой области. Отрасль сохраняет часть своей традиционной инфраструктуры, постоянно обогащаясь новыми цифровыми услугами, основанными на датчиках и устройствах с искусственным интеллектом. Участие цифровых близнецов в улучшении автомобилей помогает повысить их ценность в течение жизненного цикла и оптимизировать процесс производства.

В настоящее время физическое прототипирование получило развитие с внедрением технологии 3D-печати, которая позволяет дизайнерам быстро изготавливать физические прототипы своих конструкций для тестирования различных операций с ними. Несмотря на то, что физическое прототипирование играет огромную роль, первостепенное значение для автомобильных компаний имеет наличие цифрового двойника. На начальных этапах разработки продукта цифровой двойник может собирать данные о поведении автомобиля с точки зрения производительности, тем самым предоставляя ценную информацию дизайнерам и системным инженерам. После выхода автомобиля на рынок с помощью цифрового двойника можно смоделировать

данные его испытаний, чтобы определить его качество.

Технология *Digital Twin* также имеет большой потенциал в электромобилях. Метод работы в этом случае предполагает, что каждый электромобиль должен быть связан со своим индивидуальным цифровым двойником. С помощью установленных датчиков интернета вещей автомобиль может обмениваться данными со своим цифровым двойником. Эта информация, собранная в качестве обратной связи, позволяет производителю вести цифровую запись рабочего состояния автомобиля, а также выявлять потенциальные проблемы на ранней стадии, еще до того, как они появятся, чтобы избежать дорогостоящего ремонта [7].

Примеры применения цифровых двойников в автомобильной промышленности за рубежом

Среди производителей автомобилей наиболее активно технологию цифровых двойников использует американская компания *Tesla*. Каждый ее автомобиль связан со своим персональным цифровым двойником, передающим в компанию огромные массивы данных об автомобилях, которые анализирует искусственный интеллект, тем самым позволяя предприятию производить постоянный мониторинг своей продукции, совершенствовать предлагаемые услуги и повышать качество автомобилей. Поскольку автомобили *Tesla* имеют компьютеры со специализированным программным обеспечением, многие механические проблемы зачастую устраняются путем простой загрузки обновлений программного обеспечения по беспроводной сети в режиме реального времени [8].

Еще одним примером использования инновационных решений является производство автомобилей с электродвигателями *e.GO* в Германии, отличающихся невысокой стоимостью. Благодаря применению виртуального моделирования предприятию удастся сократить время простоя производства, а выпускаемая продукция обладает высоким качеством при низкой цене. Кроме того, данные с автомобиля не перестают поступать в цифровой двойник даже после его продажи, обеспечивая тем самым мониторинг состояния продукции и возможность совершенствовать разработку последующих моделей [9].

В течение последних трех лет специалисты по программному обеспечению в *Porsche* работали над концепцией цифрового двойника, которая фокусируется на шасси, известном как «двойник шасси». В настоящее время этим проектом управляет *CARIAD* — автономная компания по разработке программного обеспечения для автомобилей, входящая в состав *Volkswagen Group*. Помимо данных автомобилей *Porsche*, проект теперь имеет доступ к данным всех автомобилей *Volkswagen Group*, что увеличивает пул данных в 20 раз.

Причина сосредоточения внимания на компонентах шасси вполне очевидна: у *Porsche* шасси подвергается высоким нагрузкам, особенно если автомобиль используют на гоночных трассах. Сенсорная технология в автомобиле и интеллектуальные нейронные алгоритмы, применяемые для централизованного анализа, позволяют определять нагрузку на шасси внутри автомобиля и передавать ее водителю. Это интеллектуальное использование данных делает транспортное средство более безопасным для пассажиров, поскольку любые неисправности выявляются немедленно, еще до того, как водитель или мастерская заметят проблему, проявляющуюся в постороннем шуме или вибрации. Сегодня проект находится на этапе тестирования, и уже в следующем году планируется запуск первой версии цифрового двойника шасси. Ранняя диагностика в таком формате позволит сократить время поиска и устранения неисправностей, а также уменьшит затраты клиента.

Помимо безопасного управления автомобилем, цифровой двойник дает и другие преимущества для клиентов: цифровые записи транспортных средств могут использоваться для отражения остаточной стоимости автомобиля, что делает процесс покупки и продажи подержанных автомобилей более прозрачным [10].

Российский опыт применения цифровых двойников в автомобильной промышленности

В отечественной автомобильной промышленности технология цифровых двойников впервые начала использоваться в рамках проекта «Кортеж», который предусматривает разработку единой модульной платформы для представительских автомобилей

Aurus. Главной особенностью таких автомобилей является не только повышенный комфорт, но и обеспечение максимальной безопасности и секретности, поскольку автомобили предназначены для первых лиц страны. Именно поэтому важным условием производства является полностью российская разработка.

Чтобы сократить издержки, связанные с тестированием, принято решение создать специальную цифровую платформу для использования виртуальных двойников. Данная платформа позволяет автоматизировать различные процессы и расчеты, оптимизировать обработку больших данных, обеспечивает визуализацию полученных результатов проведенных виртуальных испытаний, формирует цифровую базу всех разработок, что помогает в дальнейшем найти наилучшие варианты совершенствования производимой продукции.

Благодаря внедрению в проект технологии цифровых двойников, производителям необходимо было проводить в 30–50 раз меньше разного рода испытаний автомобилей, чем потребовалось бы без использования технологии. Более того, используя такой инновационный подход, удалось в разы сократить время работы над проектом, создать качественный продукт с высочайшим уровнем пассивной безопасности, что говорит об эффективности применения цифровых двойников в производстве и положительно характеризует отечественную цифровую платформу для них.

Одним из первых предприятий, принявших программу цифровой трансформации, было ПАО «КАМАЗ». В рамках программы в компании начали разрабатывать цифровых двойников производственных и технологических процессов, а также продукции. Благодаря внедрению технологии цифровых двойников, на предприятии стало возможным проведение анализа процесса сборки изделий и виртуальных пусконаладочных работ оборудования. Технология цифровых двойников использована при разработке новейшей цифровой платформы для грузовых автомобилей, а в дальнейшем планируется создание аналогичной платформы для пассажирского транспорта [11].

При участии ПАО «КАМАЗ» с применением цифровых двойников всего за два года без имеющихся предшественников создан уникальный электромобиль Кама-1. Благодаря виртуальному моделированию

значительно сократились издержки, время и трудозатраты на разработку продукта, а также упрощен процесс проведения всех необходимых испытаний. Однако сегодня в России отсутствуют специализированные производства, способные создавать некоторые комплектующие для электромобилей, поэтому в производство данная модель по-прежнему не запущена [12].

Одним из успешных примеров реализации концепции цифровых двойников в России является производитель УАЗ. Благодаря применению технологии цифрового моделирования ускоряется процесс обновления и совершенствования моделей автомобилей, при этом их стоимость остается на исходном уровне, так как производство не требует повышенных затрат. С помощью новых технологий компании удалось на четверть сократить затраты времени, необходимые для разработки новых моделей автомобилей. Кроме того, с использованием цифровых двойников на предприятии появилась возможность повысить качество продукции, расширить модельный ряд и улучшить экономические показатели компании [13].

Выводы

По результатам проведенного исследования можно сделать ряд выводов. Прежде всего укажем, что цифровой двойник является мощным инструментом цифровизации, помогающим производителям автомобилей

упростить некоторые бизнес-процессы, усовершенствовать свою продукцию и улучшить тем самым показатели эффективности предприятия, укрепить позиции на рынке, повысить конкурентоспособность. Применение цифрового моделирования, безусловно, требует определенных инвестиций. Однако, вероятнее всего, при успешном внедрении технологии в итоге они окажутся значительно меньше, чем затраты на проектирование, разработку, тестирование и производство продукции традиционными методами.

Кроме того, использование данной технологии позволит значительно сократить временные затраты на разработку и производство автомобилей. Подтверждение этому мы видим на примерах внедрения технологии цифровых двойников на зарубежных и отечественных предприятиях по производству автомобилей. Стоит отметить, что технология активно применяется как в зарубежных странах, так и в России. Но в отечественной промышленности существуют проблемы, препятствующие полноценному развитию инновационного производства с использованием цифровых двойников (например, отсутствие необходимого оборудования для создания комплектующих для электромобилей).

В дальнейшем целью исследований, посвященных данной тематике, может стать анализ проблем, препятствующих цифровизации автомобильной промышленности в России и разработка комплекса мер по их решению.

Список источников

1. Peters S., Chun J.-H., Lanza G. Digitalization of automotive industry — scenarios for future manufacturing // *Manufacturing Review*. 2016. Vol. 3. No. 1. P. 1–8. DOI: 10.1051/mfreview/2015030
2. *Drahokoupil J., ed.* The challenge of digital transformation in the automotive industry: Jobs, upgrading and the prospects for development. Brussels: ETUI aisbl, 2020. 178 p.
3. Llopis-Albert C., Rubio F., Valero F. Impact of digital transformation on the automotive industry // *Technological Forecasting and Social Change*. 2021. Vol. 162. Article 120343. DOI: 10.1016/j.techfore.2020.120343
4. Digital twin market revenue to value \$90 Bn by 2032, says Global Market Insights Inc. // *GlobeNewswire*. 2022. October 25. URL: <https://www.globenewswire.com/en/news-release/2022/10/25/2540581/0/en/Digital-Twin-Market-Revenue-to-Value-90-Bn-By-2032%20-Says-Global-Market-Insights-Inc.html> (дата обращения: 03.05.2023).
5. Biesinger F., Kraß B., Weyrich M. A survey on the necessity for a digital twin of production in the automotive industry // 2019 23rd International conference on mechatronics technology (ICMT). (Salerno, October 23-26, 2019). Piscataway, NJ: IEEE, 2019. P. 1–8. DOI: 10.1109/ICMECT.2019.8932144
6. Biesinger F., Weyrich M. The facets of digital twins in production and the automotive industry // 2019 23rd International conference on mechatronics technology (ICMT). (Salerno, October 23-26, 2019). Piscataway, NJ: IEEE, 2019. P. 1–6. DOI: 10.1109/ICMECT.2019.8932101

7. Piromalis D., Kantaros A. Digital twins in the automotive industry: The road toward physical-digital convergence // *Applied System Innovation*. 2022. Vol. 5. No. 4. Article 65. DOI: 10.3390/asi5040065
8. Saracco R. Digital twins: Evolution in manufacturing // *IEEE Digital Reality*. 2022. May 23. URL: <https://digitalreality.ieee.org/images/files/pdf/2022may-ebook-digitaltwins-manufacturing2.pdf> (дата обращения: 03.05.2023).
9. 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. DOI: 10.25683/VOLBI.2020.52.387
10. A digital chassis twin for predictive driving functions and component status updates // Porsche official website. 2021. November 4. URL: <https://media.porsche.com/mediakit/innovation-sustainability-performance/en/innovation-sustainability-performance/digital-twin> (дата обращения: 03.05.2023).
11. Фомичева Т. Л. Применение технологии цифровых двойников в автомобильной промышленности: российский опыт // *Экономика: вчера, сегодня, завтра*. 2021. Т. 11. № 12-1. С. 181–186. DOI: 10.34670/AR.2021.24.88.003
12. КАМА-1 — первый российский электромобиль, разработанный на основе технологии цифровых двойников // Центр компетенций Национальной технологической инициативы по направлению «Новые производственные технологии» на базе Института передовых производственных технологий Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. URL: <https://nticenter.spbstu.ru/article/kama-1> (дата обращения: 04.05.2023).
13. Дильман А. План «В»: как цифровые двойники спасут автоиндустрию // *Control Engineering Россия*. 2021. № 3. С. 16–18.

References

1. Peters S., Chun J.-H., Lanza G. Digitalization of automotive industry — scenarios for future manufacturing. *Manufacturing Review*. 2016;3(1):1-8. DOI: 10.1051/mfreview/2015030
2. Drahoukoupil J., ed. The challenge of digital transformation in the automotive industry: Jobs, upgrading and the prospects for development. Brussels: ETUI aisbl; 2020. 178 p.
3. Llopis-Albert C., Rubio F., Valero F. Impact of digital transformation on the automotive industry. *Technological Forecasting and Social Change*. 2021;162:120343. DOI: 10.1016/j.techfore.2020.120343
4. Digital twin market revenue to value \$90 Bn by 2032, says Global Market Insights Inc. *GlobeNewswire*. Oct. 25, 2022. URL: <https://www.globenewswire.com/en/news-release/2022/10/25/2540581/0/en/Digital-Twin-Market-Revenue-to-Value-90-Bn-By-2032%20-Says-Global-Market-Insights-Inc.html> (accessed on 03.05.2023).
5. Biesinger F., Kraß B., Weyrich M. A survey on the necessity for a digital twin of production in the automotive industry. In: 2019 23rd Int. conf. on mechatronics technology (ICMT). (Salerno, October 23-26, 2019). Piscataway, NJ: IEEE; 2019:1-8. DOI: 10.1109/ICMECT.2019.8932144
6. Biesinger F., Weyrich M. The facets of digital twins in production and the automotive industry. In: 2019 23rd Int. conf. on mechatronics technology (ICMT). (Salerno, October 23-26, 2019). Piscataway, NJ: IEEE; 2019:1-6. DOI: 10.1109/ICMECT.2019.8932101
7. Piromalis D., Kantaros A. Digital twins in the automotive industry: The road toward physical-digital convergence. *Applied System Innovation*. 2022;5(4):65. DOI: 10.3390/asi5040065
8. Saracco R. Digital twins: Evolution in manufacturing. *IEEE Digital Reality*. May 23, 2022. URL: <https://digitalreality.ieee.org/images/files/pdf/2022may-ebook-digitaltwins-manufacturing2.pdf> (accessed on 03.05.2023).
9. Gabitova G.F., Khvatova T.Yu. Digital twin as the basis for innovative development of small and medium enterprises of the automotive industry on the example of Germany and Russia. *Biznes. Obrazovanie. Pravo = Business. Education. Law*. 2020;(3):132-138. (In Russ.). DOI: 10.25683/VOLBI.2020.52.387
10. A digital chassis twin for predictive driving functions and component status updates. Porsche official website. Nov. 04, 2021. URL: <https://media.porsche.com/mediakit/innovation-sustainability-performance/en/innovation-sustainability-performance/digital-twin> (accessed on 03.05.2023).
11. Fomicheva T.L. Application of digital twin technology in the automotive industry: Russian experience. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra = Economics: Yesterday, Today and Tomorrow*. 2021;11(12-1):181-186. (In Russ.). DOI: 10.34670/AR.2021.24.88.003
12. КАМА-1 is the first Russian electric vehicle developed on the basis of digital twin technology. Competence Center of the National Technology Initiative in the direction of “New produc-

- tion technologies". URL: <https://nticenter.spbstu.ru/article/kama-1> (accessed on 04.05.2023). (In Russ.).
13. Dil'man A. Plan B: How digital twins will save the auto industry. *Control Engineering Rossiya = Control Engineering Russia*. 2021;(3):16-18. (In Russ.).

Сведения об авторе

Дмитрий Алексеевич Сосфенов

ведущий инженер кафедры экономики инноваций

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова

119991, Москва, Ленинские горы, д. 1

Поступила в редакцию 15.05.2023

Прошла рецензирование 08.06.2023

Подписана в печать 23.06.2023

Information about Author

Dmitrii A. Sosfenov

leading engineer at the Department of Economics

Lomonosov Moscow State University

1 Leninskie Gory, Moscow 119991, Russia

Received 15.05.2023

Revised 08.06.2023

Accepted 23.06.2023

Конфликт интересов: автор декларирует отсутствие конфликта интересов, связанных с публикацией данной статьи.

Conflict of interest: the author declares no conflict of interest related to the publication of this article.