

УДК 618.511.2
ББК 65.301

DOI: 10.25683/VOLBI.2020.52.387

Gabitova Galiya Fanilevna,
Postgraduate Student of the Graduate School
of Business and Management,
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
Russian Federation, Saint Petersburg,
e-mail: galia-gabitova@mail.ru

Khvatova Tatyana Yuryevna,
Doctor of Economics, Professor,
Professor of the Graduate School of Business and Management,
Peter the Great St. Petersburg
Polytechnic University,
Russian Federation, Saint Petersburg,
e-mail: tatiana-khvatova@mail.ru

Габитова Галия Фанилевна,
аспирант Высшей школы управления и бизнеса,
Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого,
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург,
e-mail: galia-gabitova@mail.ru

Хватова Татьяна Юрьевна,
доктор экономических наук, профессор,
профессор Высшей школы управления и бизнеса,
Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого,
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург,
e-mail: tatiana-khvatova@mail.ru

ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК КАК ОСНОВА ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ МАЛЫХ И СРЕДНИХ ПРЕДПРИЯТИЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ПРИМЕРЕ ГЕРМАНИИ И РОССИИ

DIGITAL TWIN AS THE BASIS FOR INNOVATIVE DEVELOPMENT OF SMALL AND MEDIUM ENTERPRISES OF THE AUTOMOTIVE INDUSTRY ON THE EXAMPLE OF GERMANY AND RUSSIA

08.00.05 — Экономика и управление народным хозяйством
08.00.05 — Economics and national economy management

Статья посвящена обзору влияния цифровых инноваций, и в частности цифрового двойника, на развитие малых и средних предприятий автомобилестроения. Проводится анализ стратегий цифрового инновационного развития промышленности России и Германии. Особое внимание уделено использованию цифровых инноваций малыми и средними предприятиями автомобилестроения на примере технологии цифрового двойника. В статье приведен обзор развития определения понятия «цифровой двойник», начиная с первого его появления в 2003 г. и по сегодняшний день. Прослежена особенность развития детализации и специализации определения «цифровой двойник». Отражено наметившееся направление стандартизации в определении цифрового двойника и в его разработке. Показано влияние цифровых инноваций на МСП автомобилестроения, отмечены аспекты успешного инновационного развития и условия получения экономического эффекта от внедрения новых инструментов и технологий. Приведена статистика из официальных источников по ожиданиям от внедрения современных инновационных инструментов и технологий и по фактически используемым в ежедневной практике технологиям. Показано, что инновации, связанные с цифровыми технологиями, показывают наибольший рост ожиданий и предпринимаемых действий. Продемонстрирован пример использования инструментов Индустрии 4.0 в стартапе e.GO Mobile AG, занимающемся разработкой автомобилей с электроприводом в Германии, г. Аахен. Отмечены преобразования процессов разработки и производства данного стартапа в связи с использованием цифровых инноваций на всех уровнях производственных процессов. Отмечены факторы лидерства компаний в рамках происходящей четвертой промышленной революции и основные компоненты изменения ключевых бизнес-процессов предприятия.

The article reviews the role of digital innovation and, in particular, the digital twin, in development of small and medium-sized en-

terprises in the automotive industry. The analysis of strategies of the digital innovation development of Russian and German industry is being carried out. Special attention is paid to the use of digital innovation by small and medium-sized enterprises in the automotive industry using digital twin technology as an example. The article provides an overview of development of the definition of “digital twin”, from its first appearance in 2003 to the present day. The peculiarity of development of details and specialization of the definition “digital twin” is traced. The emerging direction of standardization in the definition and development of the digital twin is reflected. The impact of digital innovation on SMEs in the automotive industry is shown; aspects of successful innovation development and conditions for obtaining economic benefits from the introduction of new tools and technologies are noted. Statistics are provided from official sources on expectations from introduction of the modern innovative tools and technologies, and on technologies actually used in daily practice. Digital innovation has been shown to demonstrate the highest growth in expectations and actions. An example of the use of Industrial 4.0 tools was shown at the e.GO Mobile AG startup in Aachen, Germany, which develops electrically driven vehicles. Conversions in development and production processes of this startup have been noted due to the use of digital innovations at all levels of production processes. Leadership factors of the companies within the limits of the occurring fourth industrial revolution and the basic components of change of the key business processes of the enterprise are marked.

Ключевые слова: малые и средние предприятия, стратегии цифровизации, цифровой двойник, инновационное развитие, Индустрия 4.0, стратегии инновационного развития, внедрение инноваций, высокотехнологичная промышленность, сквозные цифровые технологии, цифровая экономика.

Keywords: small and medium-sized enterprises, digitalization strategies, digital twin, innovation development, Industry 4.0,

innovation strategies, innovation implementation, high-tech industry, cross-functional digital technologies, digital economy.

Введение

Актуальность исследования. Отправной точкой тренда на цифровизацию промышленности является созданная в 2011 г. в Германии программа «Индустрия 4.0». Растущая сложность производства, увеличивающаяся адаптивность производственных мощностей и процессов, а также рост степени кастомизации конечной продукции послужили одними из основных аспектов разработки программы «Индустрия 4.0» [1].

Разработанная программа уделяет особое внимание поддержке малых и средних предприятий (МСП). Реализация программы «Индустрия 4.0» на МСП позволит решить как конкретные технологические вопросы, так и организационные последствия использования новых технологий. Особое внимание уделяется сохранению стоимости уже установленных производственных систем, что особенно важно для МСП [1—3].

Оценка цифровизации различных отраслей в Германии по состоянию на 2011 г. показала, что автомобилестроение занимает первое место (72,2 пункта из 100), с разницей по сравнению с 2003 г. в 26,7 пунктов из 100. Поставщики автомобилей, и в частности производители комплектного оборудования, уже играют роль первопроходцев на пути к Индустрии 4.0. Однако цифровизация — это не только изменение производственных процессов или процессов технического обслуживания. События последних лет уже показывают, что в будущем автомобили будут продаваться не только как продукция, но и как пакет с комплексными услугами по обеспечению мобильности — в сочетании с удобством использования автомобиля как места для работы [4]. Этот аспект затрагивает большее количество процессов со стороны не только поставщика продукта, но и самого потребителя.

Мировая практика показывает, что малые и средние предприятия (МСП) составляют 70...90 % от общего числа предприятий в наиболее развитых странах, предоставляют значительное количество рабочих мест (в США — 53 %, в Японии — 71,7 %, в странах Европейского Союза — до 50 %), являясь, таким образом, основой для стабильного роста экономики этих стран [5].

По данным исследования Мирового банка, к 2030 г. понадобится около 600 млн рабочих мест для удовлетворения растущей глобальной потребности в рабочей силе, что делает развитие МСП одним из главных приоритетов для многих правительств во всем мире [6].

Результаты исследования, проведенного Европейской комиссией [7, 8], отмечают постоянный рост числа занятых в автомобильной промышленности в странах Европы с 2010 г. по сравнению с машиностроением в целом. Отчеты Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации [9, 10] свидетельствуют о сокращении числа занятых в производстве автотранспортных средств, прицепов и полуприцепов (табл. 1).

Таблица 1

Средняя численность работников производств автотранспортных средств, прицепов и полуприцепов

Год	Микропредприятия, тыс. чел.	Малые предприятия, тыс. чел.	Средние предприятия, тыс. чел.
2010	7,7	41,0	29,6
2018	7,5	24,3	13,7

Целесообразность разработки темы. Разработанная в соответствии с Федеральным законом «О стратегическом планировании в Российской Федерации» Стратегия развития автомобильной промышленности Российской Федерации на период до 2025 г. отмечает, что «автомобильная промышленность является одной из ключевых отраслей российской экономики, создающей мультипликативный эффект в смежных отраслях и определяющей экономический и социальный уровень развития государства в целом и отдельных его регионов» [11]. Спрос на автомобили генерирует потребность в высокотехнологичной продукции металлургической, химической, электротехнической и других отраслей промышленности, обеспечивает занятость более чем 3,5 млн человек.

Российский Институт анализа инвестиционной политики показывает, что ориентация на цифровую трансформацию малых и средних предприятий позволит обеспечить рост их эффективности, открыть доступ на новые рынки и реализовать в полной мере инновационный потенциал этих предприятий [12]. Кроме того, в рамках федерального проекта РФ «Цифровые технологии» национальной программы «Цифровая экономика» разработана дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «Новые производственные технологии», которая предусматривает финансовую поддержку малых предприятий в разработке следующих решений и отдельных функциональных элементов решений [13]:

- 1) технологии разработки и сопровождения цифровых двойников (Digital Twin, DT);
- 2) технологии оптимизации (Computer-Aided Optimization, CAO);
- 3) технологии управления процессами проектирования, моделирования и данными (Simulation Process & Data Management, SPDM);
- 4) технологии управления данными о продукте (Product Data Management, PDM).

Целями и задачами данного исследования является:

- 1) анализ разработанных Германией и Россией стратегий инновационного развития промышленности, в частности автомобилестроения, в рамках малых и средних предприятий;
- 2) анализ использования технологии цифрового двойника в инновационном развитии малых и средних предприятий автомобильной промышленности;
- 3) продемонстрировать развитие понятия «цифровой двойник»;
- 4) проанализировать параметры и условия, повлиявшие на выбор используемых цифровых инновационных разработок в МСП, в данном случае цифрового двойника.

В экспертно-аналитическом докладе «Цифровые двойники в высокотехнологичной промышленности» Инфраструктурного центра по развитию направления «Технет» НТИ авторы выделяют общее понимание цифрового двойника как «комплекса технологий и решений для обеспечения жизненного цикла продукта/машины/конструкции/системы/..., обладающего мощным потенциалом» [14]. Подробнее подходы к определению термина «цифровой двойник» представлены в следующем разделе.

В настоящее время реальные примеры внедрения и использования цифрового двойника имеются в различных отраслях промышленности. Важное значение эта технология имеет для автомобильной промышленности, где замена дорогостоящих натуральных испытаний на использование цифровых технологий происходит повсеместно, что обуславливает практическую значимость данного исследования.

Научная новизна данной публикации представлена анализом влияния цифровых инновационных технологий, в частности цифрового двойника, на малые и средние предприятия автомобилестроения.

Основная часть

Методология исследования. Теоретическую и методологическую основу исследования составили научные работы зарубежных и отечественных ученых, методические разработки научно-практических конференций, зарубежные и отечественные нормативные документы.

В качестве основных методов исследования использовались синтез информации, сопоставление данных, анализ различного рода источников и аналитических материалов, включая материалы конференций, семинаров, отчеты и программы стратегического развития.

Определение понятия «цифровой двойник». Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии

«Новые производственные технологии», составленная Министерством цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, отмечает, что среди множества передовых технологий технология «цифровой двойник» не только является технологией-интегратором практически всех «сквозных» цифровых технологий и суб-технологий, но и также «выступает технологией-драйвером, обеспечивает технологические прорывы и позволяет высокотехнологичным компаниям переходить на новый уровень технологического и устойчивого развития на пути к промышленному лидерству на глобальных рынках» [13].

Впервые термин «цифровой двойник» был озвучен в 2003 г. на курсе доктора Майкла Гривса по управлению жизненным циклом продукта в Мичиганском университете [15]. В табл. 2 приведены определения, данные цифровому двойнику и отражающие основные аспекты этого термина, отмеченные в первых и последующих работах М. Гривса и др. [14, 16–20].

Таблица 2

Определения цифрового двойника

п.п.	Год	Определение
1.	2002	Цифровой двойник — это набор виртуальных информационных конструкций, полностью описывающих потенциальный или фактически произведенный продукт от микроатомного до макрогеометрического уровня [16]
2.	2010	Цифровой двойник — это интегрированная многомасштабная, вероятностная, симуляционная модель транспортного средства или системы, использующая наилучшие доступные физические модели, обновления датчиков, историю парка транспортных средств и т. д. для отражения состояния конечного продукта [17]
3.	2018	Цифровой двойник — это набор виртуальных информационных конструкций, которые полностью описывают потенциальный или физически произведенный продукт от микроатомного уровня [18]
4.	2019	Цифровой двойник — это семейства сложных мультидисциплинарных математических моделей с высоким уровнем адекватности реальным материалам, реальным объектам/конструкциям/машинам/приборам.../техническим и киберфизическим системам, физикомеханическим процессам (включая технологические и производственные процессы), описываемых 3D-нестационарными нелинейными дифференциальными уравнениями в частных производных [19]

В статье [20] представлены 16 различных определений, данных цифровому двойнику в зарубежной литературе начиная с 2010 г. Авторы экспертно-аналитического доклада «Цифровые двойники в высокотехнологичной промышленности» приводят определения, данные компаниями-разработчиками CAD/PLM/IoT средств, среди которых General Electric, Siemens, ANSYS, Autodesk, Gartner [14]. Следует отметить, что детализация и специализация определений зависит от прикладной области, где цифровой двойник был рассмотрен. Также в работе [20] отмечено, что важным аспектом концепции цифровых двойников изначально была тесная связь с симуляцией и что часть авторов определяет цифровой двойник как модель, которая представляет собой систему, на которой могут быть основаны различные типы моделирования, а другая часть рассматривает его как моделирование самой производственной системы.

В настоящее время стандарт ISO/AWI 23247 «Механизм разработки цифрового двойника» (Digital Twin manufacturing framework) имеет статус «В стадии разработки» [21]. Разработка данного стандарта была утверждена 18 января 2018 г. техническим комитетом «Промышленные данные» Международной организации по стандартизации (ISO), этот стандарт должен пересматриваться каждые 5 лет. Разработка стандарта предполагает получение в ближайшем будущем единой терминологии в области разработки и использования цифрового двойника.

Определение, данное в [19] (см. п. 4 табл. 1), является основным используемым определением в данном исследовании.

В [22] отмечается важность влияния промышленных исследований и разработок на инновационное развитие. Использование технологий цифрового двойника способно оказать влияние не только на существующие производственные процессы, включая возможность предопределения оптимального времени для сервисного обслуживания и ремонта продукта, если это применимо, но и на разработку текущего и нового продукта. Наличие информации о реальном использовании изделия позволит не только внести своевременные изменения в процесс разработки и производства, что повысит конкурентоспособность предприятия, но и усовершенствовать его бизнес-модель.

Сравнение стратегий инновационного развития промышленности России и Германии. Статистика, предоставленная одним из последних отчетов группы компаний BCG (Boston Consulting Group), показывает, что с 2014 г. возросло значение четырех видов инноваций, связанных с цифровыми технологиями, и их используют все больше компаний:

- анализ больших данных;
- цифровая разработка;
- скорость освоения и адаптации новых технологий;
- мобильные продукты и возможности.

В оценке важности цифровых технологий к 2017 г. скорость в освоении перешла с последнего места на четвертое. Скорость освоения новых технологий также была последней с точки зрения количества компаний, которые используют ее в качестве инновационной стратегии. Процент компаний,

нацеленных на быстрое внедрение, значительно вырос в обрабатывающей промышленности, страховании, металлургии и горнодобывающей промышленности, а также в государственном секторе. Достигнуто общее понимание, что успешная цифровая трансформация требует работы в трех основных областях: скорость, масштаб и стоимость [23].

Активная позиция государства в инновационном процессе может значительно ускорить темп развития отдельных отраслей. Проводя политику инновационного развития страны, включающую разработку и реализацию стратегии развития отраслей, государство не только предоставляет финансирование стратегически важным перспективным проектам, например в сфере ВПК и фундаментальной

науки, но и непосредственно влияет на то, как отрасли развиваются. Государство также стимулирует межотраслевое сотрудничество, объединяя заинтересованные стороны для построения связей и поиска синергетических возможностей, способствует созданию совместных программ, в том числе организуя площадки для диалога крупного бизнеса из различных отраслей, науки и стартапов для поиска новых идей и совместной работы над масштабными задачами [24].

Анализ стратегий инновационного развития и достигнутых по ним результатов позволит выявить области, где возможно улучшение. В табл. 3 приводится сравнение стратегий Германии [1] и России [13, 25, 26] по ряду сопоставимых для этих программ параметров на основе предложенных в [27] параметров.

Таблица 3

Сравнение стратегий цифрового инновационного развития

Критерии анализа	ФРГ	РФ
Начало проекта	2011 г.	01.11.2018
Документы	[1]	[13], [25], [26]
Политические рычаги	Публично поддерживаемая и управляемая инициатива, реализуемая посредством диалога с заинтересованными сторонами	Публично поддерживаемая и управляемая инициатива, реализуемая посредством диалога с заинтересованными сторонами
Модель финансирования	Сочетание государственного финансирования с частными финансовыми взносами и взносами в материальной форме; соотношение между частными и государственными инвестициями от 2:1 до 5:1	Государственное финансирование, грантовая поддержка малых предприятий, поддержка региональных проектов, поддержка разработки и внедрения промышленных решений, поддержка компаний лидеров
Целевая аудитория	Крупные производственные предприятия, МСП и директивные органы	Крупные производственные предприятия, МСП и директивные органы
Ключевые драйверы	Разработка идей участниками исследований, опыт реформ в производственных и проактивных союзах	Фонд содействия инновациям, фонд «Сколково», Минпромторг России, Российский фонд развития информационных технологий, Минкомсвязи России
Ключевые барьеры	Конкуренция между ведущими игроками в сфере информационно-коммуникационных технологий и сложность вовлечения производственных процессов	Подробно перечислены в [13]. Стоит выделить административные барьеры и дефицит мер поддержки для внедрения субтехнологий, дефицит высококвалифицированных кадров, длительность инновационного цикла, ограничения, связанные с коммерциализацией и трансфером технологий
Стратегия осуществления	Комплексная программа исследований и платформа I40 в качестве сетевой основы для цифрового преобразования	Дорожная карта и цифровая платформа разработки цифровых двойников, способная учитывать 150 000 целевых показателей и ресурсных ограничений, использующая смежные «сквозные» цифровые технологии искусственного интеллекта, больших данных, распределенных реестров, обеспечивающая управление интеллектуальной собственностью, экспертное сопровождение и прохождение с первого раза физических и натуральных испытаний
Достигнутые результаты	Сокращение отраслевой сегрегации, преобразование программы исследований в практику, разработка эталонной архитектуры и запуск платформы, насчитывающей 150 членов	Созданы взаимосвязанные, интегрированные между собой сервисы поддержки всех этапов создания нового или развития существующего производства, от бизнес-идеи до сдачи производственного объекта в эксплуатацию
Бюджет	200 млн евро от BMBF и BMWI, которые дополняются финансовыми взносами со стороны промышленности	102 020 млн руб. бюджетных средств и 123 216 млн руб. внебюджетных средств
Фактор уникальности	Быстрый переход от исследовательской программы к основной практике и платформе представляет собой крупнейшую и самую диверсифицированную сеть I40 во всем мире	Обеспечение ускоренного внедрения цифровых технологий в экономике. Создание в обрабатывающей промышленности высокопроизводительного экспортно-ориентированного сектора, развивающегося на основе современных технологий и обеспеченного высококвалифицированными кадрами
Ожидаемое воздействие	Обеспечить последовательную и надежную основу для развития конкурентных позиций Германии в обрабатывающей промышленности на основе предоставленных рекомендаций и мероприятий	Обеспечение технологической независимости государства, возможности коммерциализации отечественных исследований и разработок, а также ускорение технологического развития и обеспечение конкурентоспособности российских компаний на глобальном рынке

Следует отметить, что в стратегии Германии инновационное развитие МСП находится в особом фокусе, в частности в разрезе МСП рассмотрены [1]:

- вопросы адаптивного производства (ELBA4KMU);
- мелкие поставщики электроники (MiMiK40);
- эффективное обнаружение дефектов на производственных предприятиях (SEMAfusion);
- оптимизированное планирование заказов для многовариантного серийного производства (FlexAEM);
- процессы планирования, вопросы их управления и обеспечения обратной связи (MontAss);
- инновационные пользовательские интерфейсы для производственного инжиниринга (PEBeMA);
- Big Data Mining для улучшения производственно-разведывательной деятельности;
- эффективное с точки зрения затрат отслеживание на основе RFID для складских товаров и промышленных грузозиков (WarehouseSpotter);
- комплекс датчиков для интеллектуального и сетевого мониторинга состояния в эффективном производстве будущего (KMU-innovativ-CMS-VI);
- система датчиков для мониторинга станков с вращающимися шпинделями (KMU-innovativ-MSSpinCrash);
- новые системы датчиков для крупного металлообрабатывающего оборудования в Индустрии 4.0 (KMU-innovativivready4i).

Примеры освоения и внедрения инноваций показывают, что чаще всего их апробация происходит на дочерних предприятиях крупных фирм, что обеспечивает высокую скорость освоения и необходимый бюджет. Этот факт делает фокус на МСП критически важным для успеха любой разработанной стратегии, так как они способны взять на себя часть инновационных рисков, которые не могут себе позволить крупные предприятия.

Влияние цифрового двойника на развитие МСП автомобилестроения. Из-за растущего объема кастомизации конечной продукции в автомобильной промышленности МСП сталкиваются с проблемами экономической эффективности эксплуатации производственных участков. В этой связи цифровизация производства позволит:

- разработать масштабируемое решение по использованию производственных мощностей;
- обработать данные с высокой скоростью и предоставить большую вариативность решения;
- иметь актуальные данные по оборудованию и его загрузке.

Цифровые двойники особенно интересны для малых и средних предприятий (МСП), поскольку они помогают экономить время и ресурсы при проектировании и производстве. Они могут выявить узкие места и избежать ошибок планирования. Цифровые двойники также могут использоваться для технического обслуживания и устранения неисправностей даже на расстоянии.

Примером таких преобразований является стартап e.GO, занимающийся производством самых недорогих электроавтомобилей в Германии. Основанный в 2015 г. профессором Рейнско-Вестфальского технического университета Ахена Гюнтером Шухом, этот стартап занимается выпуском четырехместного электроавтомобиля в различных конфигурациях (e.GO Life) и автономного электрического городского автобуса вместимостью до 15 человек (e.GO Mover, начало выпуска в 2021 г.). Использование технологии цифрового двойника сокращает время произ-

водства и повышает качество продукции. Даже после того как автомобиль продан, данные продолжают поступать в цифровой двойник [28].

Важным аспектом инновационного развития предприятия является не просто замена устаревшей техники и технологий, но и полная переоценка существующих процессов. eGO добился преобразования процесса разработки в итеративный и экономически выгодный, в особенности для производства прототипов, а также небольших серий [29].

В настоящее время в производстве и в автомобилестроении востребованы совершенно новые знания и навыки: глубокое понимание потребностей заказчиков и их перенос в технические задания для инженеров, умение использовать цифровые технологии, которые смогут обеспечить интеграцию основного оборудования и программного обеспечения, и способность эффективно управлять процессом разработки и внедрения инноваций. Внедрение инноваций невозможно без поддержки всех сотрудников организации, поэтому формирование корпоративной культуры компании, органической частью которой является толерантность к рискам и готовность экспериментировать, — залог успеха инновационной деятельности [24].

В рамках разворачивающейся четвертой промышленной революции лидерами будут становиться именно те компании, которые, находясь в тренде цифровой экономики, переносят акценты своей деятельности в область цифрового проектирования и моделирования компьютерного и суперкомпьютерного инжиниринга вместе с методами многокритериальной, многопараметрической и топологической оптимизации, бионического дизайнера, аддитивного производства и роботизации [15].

Заключение

Развитие и использование цифровых технологий в машиностроении оказало и продолжает оказывать на него большое влияние. Разработка и постоянное совершенствование систем по управлению жизненным циклом продукта, ресурсами предприятия, систем проектирования и контроля продукции качественно меняет и совершенствует ключевые бизнес-процессы предприятия, что позволяет ему выходить на новый конкурентоспособный уровень.

Продемонстрированное развитие понятия «цифровой двойник» показывает, что эта технология находится в стадии активного развития и оказывает влияние на все стадии жизненного цикла продукта, являясь системообразующим триггером преобразования производства и конечного продукта.

Проведенный анализ стратегий инновационного развития и цифровизации производства России и Германии показал важность особого рассмотрения МСП. Малые и средние предприятия, обладая поддержкой государства и крупных предприятий, способны за счет высокой скорости освоения новых технологий стать ключевым драйвером цифровизации промышленности.

Рассмотренный пример влияния цифровизации на производственный стартап демонстрирует результативность и важность разработанных стратегий и программ. Одновременно с усложнением продукта и его составляющих (в том числе программного) наблюдается существенное сокращение продолжительности цикла разработки и вывода на рынок новых продуктов. Скорость и качество внедрения новых технологий становятся ключевыми факторами конкурентоспособности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Industrie 4.0. Innovationen für die Produktion von morgen. Berlin : Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), 2017. 172 pp
2. Digitalisierung gestalten — Umsetzungsstrategie der Bundesregierung. Berlin. 2019. № 6. 206 pp.
3. Белов В. Новая парадигма промышленного развития Германии — стратегия «Индустрия 4.0» // Современная Европа. 2016. № 5. С. 11—22.
4. Industrie 4.0 und Digitale Wirtschaft. Berlin : Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2015. 31 pp.
5. Малый и средний бизнес: зарубежный опыт развития // Молодой ученый. URL: <https://moluch.ru/archive/39/4640>.
6. World Bank SME Finance. URL: <https://www.worldbank.org/en/topic/smefinance>.
7. Executive Agency for SMEs. Towards a common vision on addressing SMEs skills needs in the automotive sector: strengthening the development of upskilling and reskilling strategies (1st workshop). April 2019. No. 1.
8. Executive Agency for SMEs. Towards a common vision on addressing SMEs skills needs in the automotive sector: strengthening the development of upskilling and reskilling strategies (2nd workshop). June 2019. No. 2.
9. Малое и среднее предпринимательство в России 2019. М. : Росстат, 2019.
10. Статистические издания. URL: <https://gks.ru/folder/210/document/13223>.
11. Стратегия развития автомобильной промышленности Российской Федерации на период до 2025 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 апреля 2018 г. № 831-р.
12. Мировой рынок. Цифровая трансформация — источник роста для малых и средних предприятий. 2018. URL: <http://мниап.пф/analytcs/Cifrova-a-transformacia-istocnik-rosta-dla-malyh-i-srednih-predpriatij>.
13. Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «Новые производственные технологии». М., 2019. 49 с.
14. Экспертно-аналитический доклад «Цифровые двойники в высокотехнологичной промышленности». М., 2019. 58 с. URL: <http://technet-nti.ru/article/ekspertno-analiticheskij-doklad-cifrovy-e-dvojniki-v-vysokotehnologichnoj-promyshlennosti>.
15. Grieves M. Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication, 2015.
16. Grieves M. Origins of the Digital Twin Concept. URL: https://www.researchgate.net/publication/307509727_Origins_of_the_Digital_Twin_Concept.
17. Modeling, Simulation, Information Technology & Processing Roadmap / M. Shafto, M. Conroy, R. Doyle, E. Glaessgen, C. Kemp, J. LeMoigne, L. Wang // National Aeronautics and Space Administration. 2012.
18. Grieves M., Vickers J. Digital twin: Mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior in complex systems // Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems: New Findings and Approaches, 2016.
19. Эксперты Ассоциации «Технет» приняли участие в подготовке доклада РАНХиГС «Государство как платформа: люди и технологии». URL: <https://technet-nti.ru/news/6852>.
20. Negri E., Fumagalli L., Macchi M. A Review of the Roles of Digital Twin in CPS-based Production Systems // Procedia Manufacturing. 2017. No. 11. Pp. 939—948. DOI: 10.1016/j.promfg.2017.07.198.
21. ISO/DIS 23247-1. Automation systems and integration — Digital Twin framework for manufacturing — Part 1: Overview and general principles. URL: <https://www.iso.org/standard/75066.html>.
22. Trott P. Innovation Management and New Product Development. 3rd ed., 2005.
23. Ringel M., Hadi Z. Innovation in 2018. URL: <https://hackernoon.com/healthcare-innovation-in-2018-a8c4c28e4b30>.
24. Инновации в России — неисчерпаемый источник роста / Центр по развитию инноваций McKinsey Innovation Practice, 2018. 112 с.
25. Цифровые технологии 2019. URL: <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/878>.
26. Государственная программа Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности». URL: http://minpromtorg.gov.ru/activities/state_programs/list/gp2/docs.
27. Klitou D., Conrads J., Rasmussen M. CARSA and Laurent Probst & Bertrand Pedersen P. Digital Transformation Monitor. Germany: Industrie 4.0, 2017.
28. A digital twin to have a real-time view. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/digital-twin-have-real-time-view-paul-grenet>.
29. Smart factory? Not without a digital twin. URL: <https://iot.telekom.com/en/blog/smart-factory-not-without-a-digital-twin>.

REFERENCES

1. *Industry 4.0. Innovations for the production of tomorrow*. Berlin, Federal Ministry of Education and Research (BMBF), 2017. 172 pp. (In German)
2. *Shaping digitalization — implementation strategy of the Federal Government*. Berlin, 2019, no. 6, 206 pp. (In German)
3. Belov V. New paradigm of German industrial development — Strategy “Industry 4.0”. *Modern Europe*, 2016, no. 5, pp. 11—22. (In Russ.)
4. *Industry 4.0 and digital economy*. Berlin, Federal Ministry of Economics and Energy, 2015. 31 pp. (In German)
5. Small and medium business: foreign development experience. *Young Scientist*. (In Russ.) URL: <https://moluch.ru/archive/39/4640>.
6. *World Bank SME Finance*. URL: <https://www.worldbank.org/en/topic/smefinance>.
7. *Executive Agency for SMEs. Towards a common vision on addressing SMEs skills needs in the automotive sector: strengthening the development of upskilling and reskilling strategies (1st workshop)*. April 2019, no. 1.
8. *Executive Agency for SMEs. Towards a common vision on addressing SMEs skills needs in the automotive sector: strengthening the development of upskilling and reskilling strategies (2nd workshop)*. June 2019, no. 2.

9. *Small and Medium Entrepreneurship in Russia 2019*. Moscow, Rosstat, 2019. (In Russ.)
10. *Statistic publications*. (In Russ.) URL: <https://gks.ru/folder/210/document/13223>.
11. *Strategy of Development of the Automotive Industry of the Russian Federation for the Period until 2025. Approved by the Resolution of the Government of the Russian Federation no. 831-r dated April 28, 2018*. (In Russ.)
12. *World market. Digital transformation is a source of growth of small and medium enterprises. 2018*. (In Russ.) URL: <http://мниап.рф/analytics/Cifrovaa-transformacia-istocnik-rosta-dla-malyh-i-srednih-predpriatij>.
13. *Roadmap for development of “cross-cutting” digital technology “New production technologies”*. Moscow, 2019. 49 pp. (In Russ.)
14. *Expert and analytical report “Digital twins in high technology industry”*. Moscow, 2019. 58 pp. (In Russ.) URL: <https://technet-nti.ru/article/ekspertno-analiticheskij-doklad-cifrovye-dvojniki-v-vysokotehnologichnoj-promyshlennosti>.
15. Grieves M. *Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication*, 2015.
16. Grieves M. *Origins of the Digital Twin Concept*. URL: https://www.researchgate.net/publication/307509727_Origins_of_the_Digital_Twin_Concept.
17. Shafto M., Conroy M., Doyle R., Glaessgen E., Kemp C., LeMoigne J., Wang L. Modeling, Simulation, Information Technology & Processing Roadmap. *National Aeronautics and Space Administration*, 2012.
18. Grieves M., Vickers J. Digital twin: Mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior in complex systems. *Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems: New Findings and Approaches*, 2016.
19. *Experts of the “Tehnet” Association took part in preparation of the report of the RPANEPА “State as a platform: people and technologies”*. (In Russ.) URL: <https://technet-nti.ru/news/6852>.
20. Negri E., Fumagalli L., Macchi M. A Review of the Roles of Digital Twin in CPS-based Production Systems. *Procedia Manufacturing*, 2017, no. 11, pp. 939—948. DOI: 10.1016/j.promfg.2017.07.198.
21. *ISO/DIS 23247-1. Automation systems and integration — Digital Twin framework for manufacturing — Part 1: Overview and general principles*. URL: <https://www.iso.org/standard/75066.html>.
22. Trott P. *Innovation Management and New Product Development*. 3rd ed., 2005.
23. Ringel M., Hadi Z. *Innovation in 2018*. URL: <https://hackernoon.com/healthcare-innovation-in-2018-a8c4c28e4b30>.
24. *Innovations in Russia are an inexhaustible source of growth*. Center for innovations development McKinsey Innovation Practice Center, 2018. 112 pp. (In Russ.)
25. *Digital Technology 2019*. (In Russ.) URL: <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/878>.
26. *State Program of the Russian Federation “Industrial Development and Increasing its Competitiveness”*. (In Russ.) URL: http://minpromtorg.gov.ru/activities/state_programs/list/gp2/docs.
27. Klitou D., Conrads J., Rasmussen M. *CARSA and Laurent Probst & Bertrand Pedersen P. Digital Transformation Monitor. Germany: Industrie 4.0*, 2017.
28. *A digital twin to have a real-time view*. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/digital-twin-have-real-time-view-paul-grenet>.
29. *Smart factory? Not without a digital twin*. URL: <https://iot.telekom.com/en/blog/smart-factory-not-without-a-digital-twin>.

Как цитировать статью: 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.

For citation: 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. *Business. Education. Law*, 2020, no. 3, pp. 132–138. DOI: 10.25683/VOLBI.2020.52.387.