

Цифровая экономика: теория и практика

Digital economy: theory and practice

Научная статья

УДК 338.45.01

DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.15501>



ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В УСЛОВИЯХ НОВОЙ РЕАЛЬНОСТИ

В.В. Кобзев¹ , **А.В. Бабкин^{1,2}** , **А.С. Скоробогатов^{1,3}** 

¹ Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Российская Федерация;

² Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук», г. Апатиты, Российская Федерация;

³ АО "Завод "Универсалмаш", Санкт-Петербург, Российская Федерация

 skorobogotov.andrei@yandex.ru

Аннотация. Национальная экономика России в период цифровой трансформации всех сфер человеческой деятельности (социально-экономических отношений, институциональной структуры общества) и перехода на цифровые платформы, связанные общемировой сетью Internet, приобрела риски, характерные для глобализации. Сырьевая направленность последних 25 лет заставила вести неосмотрительную активную работу с потерей ключевых компетенций в отраслях по встраиванию технологических и логистических цепочек отечественных промышленных предприятий в цепи различных стран мира (Европейских стран, США, Китая, Южной Кореи и др.) для обеспечения своих внутренних потребностей в товарах и услугах. Политические и экономические события (составление и объявление санкционных списков), связанных с борьбой за мировые товарные рынки развитыми странами, неминуемо привели в 2022 году к товарной блокаде и уходу с Российского рынка многих зарубежных компаний. В условиях импортозамещения требуется научно обоснованный анализ сложившейся ситуации и принятие решений по выходу промышленности России из зависимости от зарубежных технологий, товаров и услуг. Статья посвящена выявлению изменений в процессах цифровизации отечественных промышленных предприятий по причине меняющихся политических и экономических условий, анализу эффективности конструкторско-технологической подготовки производства на предприятиях машиностроения и наличия инновационной составляющей в реальных условиях, возможности перехода на отечественные программные продукты CAD/CAM/CAE – систем. Рассмотрены вопросы, связанные с цифровизацией технологических цепей предприятий машиностроения, внедрения PLM и PDM – систем и выпускаемых изделий (жизненного цикла изделия и создания цифровых двойников). Также определены наиболее уязвимые и требующие скорейшего принятия решений направления реального сектора экономики, связанные с работой предприятий машиностроения. Представлены индикаторы для определения уровня цифровизации предприятий машиностроения. Предложена экономико-математическая модель (NPV) для оценки влияния инвестиционных проектов по цифровизации предприятий машиностроения с анализом чувствительности на изменение объема инвестиций проектов цифровизации. В статье рассматриваются экономические условия, применимые к промышленным предприятиям, выпускающим изделия различного назначения: гражданского, специального и двойного.

Ключевые слова: экономические модели; предприятия машиностроения; конструкторско-технологическая подготовка производства; цифровые технологии; импортозамещение; цифровая трансформация; цифровизация промышленных предприятий

Для цитирования: Кобзев В.В., Бабкин А.В., Скоробогатов А.С. Цифровая трансформация промышленных предприятий в условиях новой реальности // П-Economy. 2022. Т. 15, № 5. С. 7–27. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.15501>



DIGITAL TRANSFORMATION OF INDUSTRIAL ENTERPRISES IN THE NEW REALITY

V.V. Kobzev¹ , A.V. Babkin^{1,2} , A.S. Skorobogatov^{1,3} 

¹ Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russian Federation;

² Luzin Institute for Economic Studies — Subdivision of the Federal Research Centre
«Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences» (IES KSC RAS),
Apatity, Russian Federation;

³ Zavod Universalmash, St. Petersburg, Russian Federation

✉ skorobogatov.andrei@yandex.ru

Abstract. The national economy of Russia, in the period of digital transformation of all spheres of human activity (socio-economic relations, the institutional structure of society) and the transition to digital platforms connected by the global Internet network, has acquired risks characteristic of globalization. The raw materials orientation of the last 25 years with an active but careless work on embedding technological and logistics chains of domestic industrial enterprises in the chains of various countries of the world (European countries, the USA, China, South Korea, etc.) to meet the domestic needs for goods and services resulted in a loss of key competencies in industries. In 2022, political and economic events (sanctions lists) related to the struggle for world commodity markets among the developed countries inevitably led to a food blockade and withdrawal of many foreign companies from the Russian market. In the context of import substitution, there is a need for a scientifically based analysis of the current situation and decision-making on reducing the dependence of Russian industry on foreign technologies, goods and services. The article is devoted to identifying changes in the processes of digitalization of domestic industrial enterprises due to changing political and economic conditions. The effectiveness of design and technological preparation of production at machine-building enterprises and the presence of an innovative component in real conditions and the possible transition to domestic software products of CAD/CAM/CAE systems are under study. The issues related to the digitalization of technological chains of machine-building enterprises, the introduction of PLM and PDM systems and manufactured products (product life cycle and the creation of digital twins) are considered. The most vulnerable areas of the real sector of the economy related to the work of machine-building enterprises are also identified and require early decision-making. Indicators for determining the level of digitalization of mechanical engineering enterprises are presented. An economic and mathematical model (NPV) is proposed to assess the impact of investment projects for the digitalization of machine-building enterprises with an analysis of sensitivity to changes in the volume of investments of digitalization projects. The article discusses the economic conditions applicable to industrial enterprises that produce products for various purposes: civil, special and dual.

Keywords: economic models; machine-building enterprises; design and technological preparation of production; digital technologies; import substitution; digital transformation, digitalization of industrial enterprises

Citation: V.V. Kobzev, A.V. Babkin, A.S. Skorobogatov, Digital transformation of industrial enterprises in the new reality, *П-Economy*, 15 (5) (2022) 7–27. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.15501>

Введение

Санкционная компания в отношении России, в которой на 2022 год участвует порядка 100 стран, меняет внешние условия для современной отечественной экономики и промышленных предприятий. Последствия товарной блокады требуют принятия решений по организации собственных производств на своей территории тех товаров, которые ранее приобретались в других странах. На плечи отечественного бизнеса в лице промышленных предприятий ложится задача по освоению в кратчайший срок новой продукции, трансферу технологий и внедрению цифро-



вых технологий в рамках государственной программы по импортозамещению, запущенной 15 апреля 2014 года «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности», рассчитанной до 2024 года.

Предприятия машиностроения, как обладатели высокотехнологичных производств, являются драйверами развития инвестиционных, технологических и цифровых процессов [22]. Цифровизация процессов конструкторско-технологической подготовки производства для серийных изделий и внедрение инновационных процессов для модернизации и выпуска новых изделий, является первоочередной научной задачей, генерируемой промышленными предприятиями [1].

По словам Ершовой И.В. и Бережной Я.Г., «Ретроспективные тренды развития экономики России показывают, что индикаторы инновационной активности по обрабатывающим производствам не только не растут, а даже снижаются» [7]. Этому процессу есть разумное объяснение, если экономику отрасли рассматривать без отрыва от экономических и политических процессов, мировых и внутри страны. Длительная борьба с COVID-19, инвестирование в мало рентабельное, но политически и экономически важное для страны импортозамещение, санкции Запада и ответные контрсанкции, переходные процессы цифровизации, накладывают свое негативное и позитивное влияние на пути экономического и социального развития страны [23].

Низкоуглеродный путь развития экономики (декарбонизация экономики) видится не в ближайшем будущем. Рост спроса на электроэнергию приведет к увеличению цен на алюминий, литий и чипы, которые так же уже подорожали из-за эпидемиологической обстановки в мире и торговых войн [9].

Анализ литературы показал, что решением вопросов цифровой трансформации экономики занимаются ученые как за рубежом, так и в России. В России это ученые-экономисты Белякова Г.Я. [4], Буркальцева Д.Д., Костень Д.Г., Воробьев Ю.Н. [2], Степнов И.М., Ковальчук Ю.А. [23, 24], Молчанова С.М. [18], Зверев А.В., Мишина М.Ю., Новиков А.В. [8], Зозуля Д.М. [10]. Из зарубежных ученых можно выделить Gian Quining, Ing Liu, Roger Grosvenor [32], Hans-Christian Paul, Burak Yashi, Timer Kurnac [31], Jane Treadwell [13], Ahmad N., van de Ven P. [30], Houlin Zhao [19], Antonio Gutierrez [33], Ursula Gertrud von der Leyen [26]. Однако, несмотря на разработанную общую концепцию цифровой трансформации, существуют нерешенные вопросы, связанные с цифровизацией промышленных предприятий, управлением процессами конструкторско-технологической подготовки производства и жизненным циклом изделия.

В современных условиях ситуация, связанная с цифровой трансформацией экономики страны, осложнена условиями санкций. В исследовании оценка экономических возможностей отечественных предприятий машиностроения проводится с учетом:

- незавершенных этапов по цифровизации предприятий машиностроения;
- отсутствия защищенных информационных комплексов и цифровых платформ жизненного цикла изделий (объективного представления о текущем состоянии изделия; качестве технического обслуживания и ремонта);
- несовершенства нормативной и правовой базы (ФЗ №275 от 24.12.2012 г., ФЗ № 44 от 05.04.2013 г.);
- прекращения выпуска и поставок комплектующих и материалов (РТИ, ЭКБ, ЛКП и др.);
- отсутствия ремфонда и запаса инструмента для иностранного станочного оборудования;
- недостаточно конкурентоспособного отечественного станкостроения;
- низкой квалификации ИТР в области внедрения цифровых технологий и недостатком квалифицированных производственных рабочих, владеющих навыками работы с оборудованием, имеющим числовое программное управление (ЧПУ).

Объект исследования – промышленные предприятия, участвующие в цифровой трансформации экономики страны и внедряющие цифровые технологии в бизнес-процессы конструктор-

ско-технологической подготовки производства и в управление жизненным циклом изделий, в условиях новой реальности импортозамещения.

Предмет исследования — управленческие отношения и способы управления процессами, возникающие при цифровизации промышленных предприятий, в части конструкторско-технологической подготовки производства и жизненного цикла изделий.

Цель исследования — определить тенденции развития промышленных предприятий в части цифровизации технологических цепей, жизненного цикла изделий и создания цифровых двойников. Разработать набор индикаторов и предложить экономико-математическую модель для оценки влияния инвестиционных проектов по цифровизации.

Задачи исследования:

- провести анализ литературы в части: рассмотрения толкования понятия «цифровая трансформация»; применения цифровых платформ предприятиями машиностроения для управления ЖЦИ; установления достоинств и недостатков мобильных программных продуктов САПР для КТПП предприятий машиностроения;
- разработать схему создания цифрового двойника изделия машиностроительного предприятия, с управлением на всех стадиях жизненного цикла;
- разработать систему индикаторов для определения уровня цифровизации машиностроительных предприятий;
- предложить экономико-математическую модель для оценки влияния инвестиционных проектов по цифровизации предприятий машиностроения на ее развитие.

Методы исследования — в ходе выполнения научного исследования использовались методы экспертных оценок, системного и критического анализа, ценностно-ориентированный подход и анализ чувствительности проектов NPV.

Материалы исследования

Для проведения научного исследования использовался материал статей по экономике промышленности и управлению промышленными предприятиями отечественных и зарубежных ученых, опубликованных в период с 2016 по 2022 годы. Статьи были получены из открытых источников в сети Internet на цифровых платформах elibrary.ru и elsevier.com.

Изучены материалы по цифровой трансформации экономики и цифровизации промышленности, представленные в отчетах World Bank Group, 2018a; OECD, 2019b; ITU, 2018; UNCTAD, 2019; ITU, 2019a; European Commission, 2019a.

Для комплексной оценки состояния отечественных предприятий машиностроения и экономики промышленности в условиях новой реальности импортозамещения использовались данные по видам и объемам выпускаемой предприятиями продукции, а также мероприятия, отраженные в Постановлении Правительства РФ от 18 февраля 2022 г. N 208 "О предоставлении субсидии из федерального бюджета автономной некоммерческой организации "Агентство по технологическому развитию" на поддержку проектов, предусматривающих разработку конструкторской документации на комплектующие изделия, необходимые для отраслей промышленности".

Результаты исследования

Понятие «цифровая трансформация»

Система, объединяющая различные формы собственности и включающая основные бизнес-процессы, — вот как можно представить современную цифровую экономику страны [6].

Понятие «цифровая трансформация» (digital transformation) относительно недавно появилось в употреблении и в научной среде пока не сложилось однозначного толкования о нем [25]. В табл. 1 приведены основные определения этого понятия, выдвинутые различными авторами.

Таблица 1. Примеры определения «цифровой трансформации»
Table 1. Examples of the definition of "digital transformation"

Авторы и источник	Определения
Jane Treadwell [13]	Проявление качественных, революционных изменений, заключающихся не только в отдельных цифровых преобразованиях, но и в принципиальном изменении структуры экономики, в переносе центров создания добавленной стоимости в сферу выстраивания цифровых ресурсов и сквозных цифровых процессов
Ahmad N., van de Ven P. [30]	Использование данных и цифровых технологий для создания новых или изменения существующих видов деятельности; цифровая трансформация - совокупность экономических и социальных эффектов в результате цифровизации
Houlin Zhao [19, 28]	Применение инновационных разработок на основе информационных и телекоммуникационных технологий для решения различных задач. Непрерывный процесс мультимодального внедрения цифровых технологий, которые коренным образом меняют процессы создания, планирования, проектирования, развертывания и эксплуатации сервисов государственного и частного сектора, делая их персонализированными, безбумажными, безналичными, устраняя требования физического присутствия, на основе консенсуса сторон
Antonio Gutierrez [33]	Направления радикального влияния цифровых продуктов и услуг на традиционные секторы экономики
Ursula Gertrud von der Leyen [26]	Значительные изменения во всех секторах экономики и общества в результате внедрения цифровых технологий во все аспекты человеческой жизни
Степанов И.М., Ковальчук Ю.А. [24]	Использование данных и цифровых технологий для создания новых или изменения существующих видов деятельности, то есть совокупность экономических и социальных эффектов в результате цифровизации
Молчанова С.М. [18]	Приводит к революционным изменениям в экономике, коренным образом меняет архитектуру бизнес-процессов, продукты, услуги и отношения
Зверев А.В., Мишина М.Ю., Новиков А.В. [8]	Создание цифрового правительства, разработки в сфере ИТ, развитие и внедрение цифровых технологий во все сферы экономики
Бабкин А.В., Буркальцева Д.Д., Костень Д.Г., Воробьев Ю.Н. [2]	Тип экономики, основанный на практическом использовании новых цифровых технологий сбора, хранения, обработки, передачи информации, заключенную в сложную систему социально-экономических и организационно-технических отношений, включающую множество элементов
Зозуля Д.М. [10]	Изменения операционного менеджмента, управления жизненным циклом изделия, организации производства, управления сбытом, стратегии предприятия, инвестиционной политики.

Разработано авторами на основе материалов открытой печати

По данным MGI (рис. 1) видно, что такие страны, как США, Великобритания, Нидерланды, Швеция, Франция, Германия, Италия, регулярно наращивают долю потенциала цифровизации во всех отраслях экономики.

По данным Федеральной службы государственной статистики (Росстат) в 2019 году цифровизация повысила экономический рост страны на 5,1% [21]. Положительная динамика показывает потенциал развития цифровой экономики в масштабах страны.

Мировой опыт цифровой трансформации показывает: «На национальном уровне страны управляют этими изменениями посредством развертывания крупномасштабных программ, таких как Партнерство по передовому производству (Advanced Manufacturing Partnership) в Соединенных Штатах, Industry 4.0 в Германии, ГЧП «Фабрики Будущего» (Factories of the Future) в ЕС, «Сделано в Китае 2025» (Made in China 2025) и т.д.» [13]. Что также говорит о направлении развития их национальных экономик, связанном с цифровой трансформацией.

Цифровые технологии позволяют сформировать систему связей между производителем и потребителем товаров и услуг. Взаимодействие потребителя с производителем должно выстраивать-

Индекс цифровизации промышленности MGI содержит 20 показателей для измерения цифровых активов, использования цифровых технологий и «цифровых работников» в каждой отрасли экономики

Индекс цифровизации европейской промышленности MGI

Доля реализованного потенциала цифровизации



Рис. 1. Индекс цифровизации промышленности по данным MGI [29]

Fig. 1. Industry digitalization index according to MGI data [29]

Источник: McKinsey Global Institute 2016. *Digital Europe: Pushing the Frontier, Capturing the Benefits*. June. McKinsey & Company. URL: <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Business%20Functions/McKinsey%20Digital/Our%20Insights/Digital%20Europe%20Pushing%20the%20frontier%20capturing%20the%20benefits/Digital-Europe-Full-report-June-2016.aspx>



Рис. 2. Доля выручки российских и глобальных цифровых платформ в России по данным на 2018 год [13]

Fig. 2. Revenue share of Russian and global digital platforms in Russia as of 2018 [13]

Источник: *Конкуренция в цифровую эпоху: стратегические вызовы для Российской Федерации*. URL: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/30584/AUS0000158-RU.pdf?sequence=4>

ся на основе платформенных бизнес-моделей, основанных на экосистемой инфраструктуре не только в финансовой части, но и технической для обеспечения бесшовного соединения элементов экосистемы [20].

Цифровые платформы и их применимость для управления ЖЦИ

Цифровые платформы розничной продажи присутствуют на отечественном рынке и реализуют себя как поставщик товаров со склада, минуя реальную товарную площадку и связанные с ней затраты (рис. 2). Однако представленные на рис. 2 цифровые платформы не рассчитаны на долгосрочное взаимодействие Разработчика-Изготовителя с Потребителем, связанное с управлением жизненным циклом изделия.

Для предприятий машиностроения существует потребность в цифровых платформах с расширенным функционалом, позволяющим взаимодействовать Разработчику, Изготовителю и Заказчику в течение всего жизненного цикла изделия. При этом важным условием является обеспечение безопасности в сети Internet.

Для защиты информации о жизненном цикле изделий и промышленных предприятиях в цифровом пространстве требуется разработать искусственный интеллект, адаптированный под данную задачу. Государственное инвестирование на проведение НИОКР по созданию искусственного интеллекта, способного защищать информацию промышленных предприятий в сети Internet, рассматривается как одна из необходимостей [11].

Если говорить о хранении информации, то промышленные предприятия должны переходить на парадигмы мышления, лежащие в плоскости Big Data, комбинируя доступные структурированные данные с неструктурированными [12].

Мобильные программные продукты САПР для КТПП предприятий машиностроения

Цифровизация промышленной сферы является частью цифровой трансформации экономики страны. Для развития цифровизации промышленных предприятий важно увеличить мобильность персонала ИТР и производственных рабочих, что позволяет сделать цифровые платформы, облачные сервисы и мобильные устройства [17, 3].

Функционал мобильных приложений для работы предприятий машиностроения играет не последнюю роль при выборе компаний по разработке и внедрению PLM и PDM – систем. Приложения должны иметь низкую стоимость и длительный срок службы, экономить время пользователей, выводить статистику и требуемые показатели, иметь возможность работы исключительно цифровыми способами с учетом мобильности.

Внедрение PLM – систем при цифровизации предприятий машиностроения для проведения конструкторско-технологической подготовки производства приводит к рутинным операциям, связанным с наполнением состава изделий, с «привязкой» копий чертежей к составу изделий. Состав изделий по требованиям ЕСКД четко структурирован, детали и сборочные единицы имеют порядковые номера, а системы изделия выстроены в группы. Но построение такой электронной базы (состава изделия) и ее наполнение, а впоследствии корректировка по извещениям об изменении, довольно трудоемкий процесс, отнимающий рабочее время квалифицированного персонала на предприятиях машиностроения [4]. На сегодняшний день технологии больших данных (Big Data) позволяют ускорить процесс со структурированием данных для пользователей сети Internet, но требуется промышленная адаптация, обеспечивающая автоматизированное наполнение состава изделий и интеграцию в PLM-систему.

В научном исследовании также стоит отметить следующий вопрос: сравнивая бизнес-модель Евросоюза в секторе НИОКР с отечественной, можно сказать, что отечественные предприятия машиностроения обладают низкой маркетинговой гибкостью, отсутствием научного предпринимательства в секторе НИОКР, которое является акселератором инновационных процессов [27].

Научное предпринимательство в секторе НИОКР также требует лабораторных проверок и испытаний. Подготовка к таким испытаниям в рамках имеющихся потребностей в выполнении контрактов с единичным типом производства на НИОКР, из-за отсутствия собственных лабора-

торных баз, возможностей тестирования и проведения измерений часто делает выполнение контракта нерентабельным. Замену реальным лабораторным и полигонным испытаниям изделий можно найти в применении цифровых полигонов.

Мир программных продуктов САПР за последнее время стал более мобильным. Ноутбуки, планшеты и смартфоны позволили отойти от привязанности к месту работы за персональным компьютером, и перенести выполнение работы по проектированию и конструированию в любое место, доступ к сети Internet при этом обеспечивает связь мобильных объектов [10].

Мобильные программные продукты САПР полезны всем участникам бизнес-процессов на предприятии машиностроения, в первую очередь, инженерам-конструкторам и инженерам-технологам.

Таблица 2. Виды цифровых технологий и их базовые принципы для предприятий машиностроения
Table 2. Types of digital technologies and their basic principles for mechanical engineering enterprises

№	Вид технологий	Базовые принципы при цифровизации предприятий машиностроения	Примечание
1	Аддитивные технологии	Возможность без создания (разработки и изготовления) дорогостоящей оснастки и инструмента за короткий срок изготовить изделие. Технологическая подготовка производства заключается в проектировании 3D-модели и подборе материала. Также появляется возможность параметрической оптимизации деталей (придание им сложной формы)	
2	Облачные технологии	Возможность увеличения мобильности персонала машиностроительного предприятия, увеличение скорости прохождения бизнес процессов и оформления документов, доступность информации	
3	Технологии безопасности киберфизических систем	Возможность защиты информации в сети Internet от возникающих угроз	
4	Промышленная сенсорика	Диспетчирование, роботизация и уход от рутинных операций, выполняемых человеком	
5	Технологии «дополненной реальности»	Скорость обучения персонала как на предприятии, так и того, что эксплуатирует изделия	
6	Технологии интернета вещей (IoT – Internet of Things)	Связь изделий по сети Internet с возможностью управления потребителем, применение цифровых двойников в жизненном цикле изделия, получение информации об изделии Разработчиком-Изготовителем	
7	Технологии больших данных Big Data	Систематизация, структурирование и обеспечение безопасности данных, с применением облачных сервисов и технологий искусственного интеллекта	

Источник: составлено авторами

По словам Курт Морено «Разница между мобильными приложениями САПР и традиционными программами САПР, установленными на мобильных рабочих станциях, заключается в том, что современные мобильные приложения САПР представляют собой небольшие установки на мобильных устройствах. Хотя грань между мобильными устройствами (такими, как планшеты и смартфоны) и портативными устройствами (такими, как ноутбуки) становится все более размытой, общим отличием является то, что мобильные устройства работают под управлением легких операционных систем, таких как Android или iOS. Портативные устройства, напротив, обычно работают под управлением операционных систем, требующих более мощного оборудования, таких как Windows или Mac [14]. Стоит отметить, что представленные в обзоре 2014 года Курта Морено мобильные приложения САПР для мобильных операционных систем Android и iOS – это AutoCAD 360 v2.2 (Android); Navigator Mobile v4.00.01 (iOS); CadFaster Collaborate v2.0.3 (iOS); CadTouch v5.0.0 (Android); TurboViewer v1.5.0 (Android); eDrawings Viewer v2.0.1 (Android); ZWCAD Touch v1.3.0 (Android), – так и остаются программами просмотра и

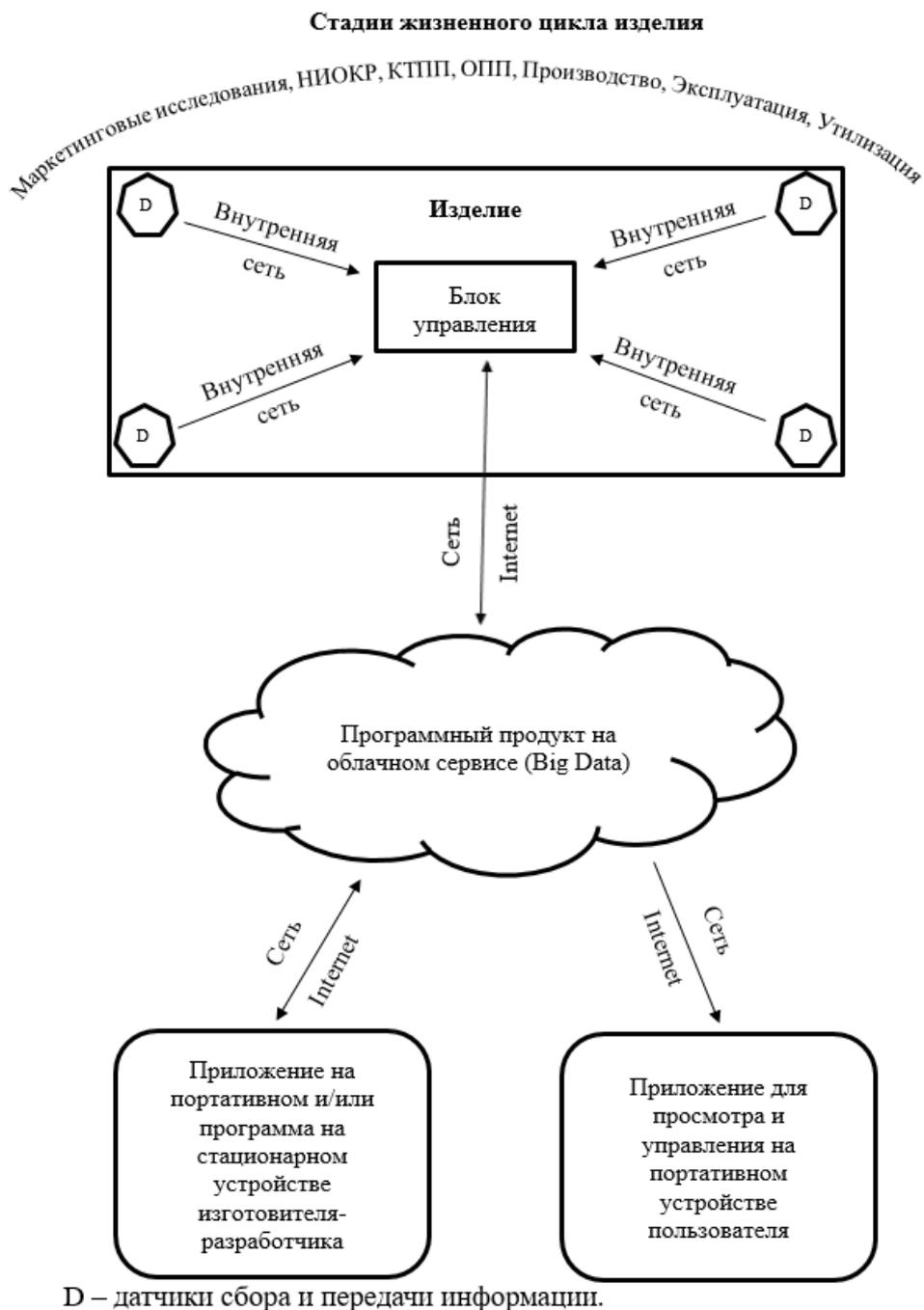


Рис. 3. Цифровой двойник изделия машиностроительного предприятия на всех стадиях жизненного цикла
 Fig. 3. Digital twin of a machine-building enterprise product at all stages of the life cycle

Источник: разработано авторами

редакторами. К 2022 году ни одна из перечисленных программ не перешла в разряд программы для полноценной разработки, но функционал программ значительно расширился.

Управление цифровым двойником изделия машиностроительного предприятия на всех стадиях жизненного цикла

Разработчикам и изготовителям для принятия решений о модернизации серийно выпускаемых и о создании вновь проектируемых изделий, требуется информация о реальной эксплуа-

тации однотипных изделий. Потребность в объективном представлении о текущем состоянии изделия в течение всего жизненного цикла обусловлена еще и тем, что рыночные условия требуют повышения качества гарантийного и постгарантийного сервисного обслуживания.

Неправильная эксплуатация, несвоевременное проведение технического обслуживания приводят к дорогостоящим ремонтным работам, и, в свою очередь, к длительным простоям.

На рис. 3 авторами представлена схема создания цифрового двойника серийного изделия машиностроительного предприятия, работающего на всех стадиях жизненного цикла.

В табл. 3 представлены виды работ на различных стадиях жизненного цикла изделия, связанные с созданием цифрового двойника.

Таблица 3. Виды проводимых работ с созданием цифрового двойника в зависимости от стадии жизненного цикла изделия
Table 3. Types of work carried out with the creation of a digital double, depending on the stage of the product life cycle

№	Стадия жизненного цикла изделия	Виды проводимых работ	Примечание
1	Маркетинговые исследования	Проведение анализа рынка, его возможностей и потребности в проектируемом изделии с внедренным цифровым двойником	
2	НИОКР	В состав изделия закладывается принципиальная схема создания цифрового двойника изделия	
3	КТПП	Формируется база цифрового двойника изделия (состав изделия, 3D-модели, чертежи, технологические процессы) на этапе постановки на производство. Ведется получение информации об изделии, ее анализ и принятие мероприятий о модернизации или разработки нового изделия на этапе серийного выпуска и эксплуатации	
4	ОПП	Проводится оснащение производства под выпуск изделий с учетом типа	
5	Производство	Ведется изготовление изделия с установкой и настройкой цифрового двойника	
6	Эксплуатация	Ведется сбор информации об изделии в эксплуатации, его гарантийном и сервисном обслуживании, накапливается статистика по ресурсным показателям деталей и сборочных единиц	Средний ремонт, капитальный ремонт
7	Утилизация	Информация об утилизации изделия поступает в базу программного продукта с уведомлением изготовителя-разработчика	

Источник: составлено авторами

На российском рынке действуют поставщики услуг по созданию систем с единым источником информации, например, компания INCONA (INFODM CONFIRM ATTEND).

Эффективность в применении Единого источника информации выражается:

- в увеличении показателей экономической отдачи и оптимизации затрат при управлении сложными изделиями;
- в объективном представлении о текущем состоянии изделия;
- в качестве технического обслуживания и ремонта;
- в уровне квалификации обслуживающего персонала и производственной дисциплины.

Производится комплексная переработка имеющейся бумажной документации и формируется модуль баз данных.

База управления технической информацией поддерживает и сопровождает следующие связанные информационные продукты:



Рис. 4. Структура взаимодействия с единым источником информации

Fig. 4. The structure of interaction with a single source of information

Источник: составлено авторами



Рис. 5. Схема создания единой базы управления технической информацией по модульному принципу

Fig. 5. The scheme of creating a unified database of technical information management on the modular principle

Источник: составлено авторами

- двойники текущего состояния объектов для непрерывного контроля за техническим состоянием объекта;
- интерактивная техническая документация для технического обслуживания и ремонтов;
- интерактивные 3D-модели объектов в качестве систем планирования материального снабжения объектов;
- динамические технологические карты для обслуживающего персонала с пошаговым контролем качества технических операций, планированием работ и контролем трудоемкости;

- цифровые эмуляторы физического объекта для прогноза технического состояния – предиктивное обслуживание;

- автоматизированная дистанционная система обучения и контроля для управления квалификацией кадров, их оперативной подготовки и переподготовки.

По данным применения S1000D INCONA, Corena, Upskill, Amos в авиастроении, энергетике, машиностроении основные показатели имеют вид:

- сокращение времени на поиск технической информации для принятия решения – до 90 %;
- сокращение времени на разработку новой технической информации – до 70%;
- снижение вероятности возникновения аварийной ситуации или отказов ввиду неправильной эксплуатации и/или ремонтов, а также ошибочных действий или решений – до 90%;
- сокращение времени на подготовку рабочих кадров – до 70%;
- снижение простоев оборудования из-за внеплановых выходов из строя элементов инфраструктуры/оборудования – до 60%;
- сокращение стоимости работ по техническому обслуживанию и ремонту при оптимизации трудоемкости – до 40%.

Опыт показывает, что сроки внедрения таких систем в действие на крупных объектах инфраструктуры и машиностроительных предприятиях, варьируются от 1 до 2 лет.

Гипотеза о том, что цифровизация меняет традиционные бизнес-модели для предприятий машиностроения, требует инвестиционной оценки.

Система индикаторов для определения уровня цифровизации машиностроительного предприятия

Для оценки влияния эффективности инвестиционных проектов по цифровизации на предприятиях машиностроения авторами предлагается симбиоз методов, применяемых в корпоративных финансах: экономико-математического моделирования и дисконтирования денежных потоков.

Обоснованные индикаторы инвестиционного проекта по цифровизации на предприятии машиностроения входят в следующие группы: оценку технических решений и документов; расчет технико-экономических показателей; расчет экономической эффективности. Индикаторы перечисленных групп направлены на оценку эффективности инвестиций, но в рамках обособленного проекта они неспособны оценить вклад проекта в цифровизацию, в связи с чем в ходе исследования был сформирован ряд индикаторов, адаптированных для оценки уровня цифровизации предприятия машиностроения (табл. 4).

Сформированная система индикаторов позволяет оценить влияние инвестиционных проектов по цифровизации предприятий машиностроения:

$$ITpr = \frac{\sum Sa; Sb; Se; Sw; St}{n},$$

где, $ITpr$ – уровень цифровизации предприятия машиностроения; n – количество индикаторов.

Универсальная экономико-математическая модель, предназначенная для оценки эффективности проектов по цифровизации на предприятиях машиностроения, должна:

- создать рейтинговую систему проектов, связанных с цифровизацией предприятий машиностроения;
- оценить все проекты цифровизации по единой методике с учетом специфики денежных потоков;
- при оценке учесть специфику предприятия машиностроения в части типа производства;
- ускорить процесс прохождения этапа ЖЦИ – «КТПП».

Система индикаторов для определения уровня развития цифровизации на предприятиях машиностроения позволяет эффективно формировать инновационный потенциал, а также на регулярной основе отслеживать и анализировать его развитие.

Таблица 4. Индикаторы для определения уровня цифровизации машиностроительного предприятия
Table 4. Indicators for determining the level of digitalization of a machine-building enterprise

Индикатор	Расчет
Sa – Уровень инвестиций в цифровые технологии предприятия машиностроения в общем объеме инвестиций предприятия, Q_n – Объем инвестиций в цифровые проекты, млн руб., Q_m – Объем инвестиций в машиностроительном предприятии, млн руб.	$Sa = \frac{\sum Q_n}{Q_m}$
Sb – Уровень производства изделий с IoT – системами на предприятии машиностроения, G_r – Количество выпускаемых изделий с IoT – системами, ед., G_t – Общее количество выпускаемых изделий на предприятии машиностроения, ед.	$Sb = \frac{\sum G_r}{G_t}$
Se – Уровень оснащённости цифровыми эмуляторами выпускаемых изделий на предприятии машиностроения, Y_n – Количество выпускаемых изделий с встроенными электронными формулярами CUST, ед., G_t – Общее количество выпускаемых изделий на предприятии машиностроения, ед.	$Se = \frac{\sum Y_n}{G_t}$
Sw – Уровень рабочих мест на предприятии машиностроения, V_t – Количество рабочих мест на предприятии оснащенных автоматизированной дистанционной системой обучения и контроля, ед., V_e – Общее количество рабочих мест на предприятии машиностроения, ед.	$Sw = \frac{\sum V_t}{V_e}$
St – Уровень оснащённости технологических процессов динамическими технологическими картами, T_n – Количество технологических процессов на предприятии оснащенных динамическими технологическими картами, ед., T_c – Общее количество технологических процессов на предприятии машиностроения, ед.	$St = \frac{\sum T_n}{T_c}$

Источник: разработано авторами

Экономико-математическая модель (NPV) для оценки влияния инвестиционных проектов на цифровизацию предприятий машиностроения

Оценив через систему индикаторов уровень развития цифровизации на предприятиях машиностроения, предлагаем с помощью экономико-математической модели (NPV) провести анализ чувствительности [5] на изменение объема инвестиций. Работу предполагаем провести в рамках гипотезы, выдвинутой в настоящем исследовании, что специфичным для денежных потоков проектов цифровизации на предприятиях машиностроения является длительный выход на серийную производительность.

Проведем анализ чувствительности проектов по цифровизации предприятий машиностроения на изменение объема инвестиций, используя пример.

Имеется условный инвестиционный проект по цифровизации на предприятии машиностроения, инвестиционные затраты по которому осуществляются в течении одного года, данные проекта представлены в табл. 5.

Проведем анализ чувствительности данного проекта. В качестве результирующего показателя выбираем чистый дисконтированный доход NPV.

$$\text{Рассчитаем } NPV = -1000 + \frac{553}{(1+0.12)^1} + \frac{639,2}{(1+0.12)^2} = 3,3.$$

Анализ чувствительности будет проводиться по объему инвестиций.

Если уменьшить инвестиции в проект на 30% до 700 тыс. руб., то NPV такого проекта будет равен:

$$NVP = -700 + \frac{553}{(1+0.12)^1} + \frac{639,2}{(1+0.12)^2} = 303,3.$$

Если уменьшить инвестиции в проект на 20% до 800 тыс. руб., то NPV такого проекта будет равен:

$$NVP = -800 + \frac{553}{(1+0.12)^1} + \frac{639,2}{(1+0.12)^2} = 203,3.$$

Если уменьшить инвестиции в проект на 10% до 900 тыс. руб., то NPV такого проекта будет равен:

$$NVP = -900 + \frac{553}{(1+0.12)^1} + \frac{639,2}{(1+0.12)^2} = 103,3.$$

Если увеличить инвестиции в проект на 10% до 1100 тыс. руб., то NPV такого проекта будет равен:

$$NVP = -1100 + \frac{553}{(1+0.12)^1} + \frac{639,2}{(1+0.12)^2} = -96,7.$$

Если увеличить инвестиции в проект на 20% до 1200 тыс. руб., то NPV такого проекта будет равен:

$$NVP = -1200 + \frac{553}{(1+0.12)^1} + \frac{639,2}{(1+0.12)^2} = -196,7.$$

Если увеличить инвестиции в проект на 30% до 1300 тыс. руб., то NPV такого проекта будет равен:

$$NVP = -1300 + \frac{553}{(1+0.12)^1} + \frac{639,2}{(1+0.12)^2} = -296,7.$$

Таблица 5. Данные проекта
Table 5. Project data

Показатели	2022 г.	2023 г.	2024 г.	Диапазон изменений	Примечание
Объем инвестиций в год, тыс. руб.	-1000	0	0	-10%; -20%; -30%; 10%; 20%; 30%	
Переменные издержки, тыс. руб.	0	300	300		
Постоянные издержки тыс. руб.	0	200	200		
Доход от продаж тыс. руб.	0	2765	3195		
Чистая прибыль тыс. руб.	0	553	639,2		с учетом амортизации
Ставка дисконта, %.	0	12%	12%		
Суммарный чистый денежный поток тыс. руб.	-1000	493,8	509,6		

Источник: составлено авторами

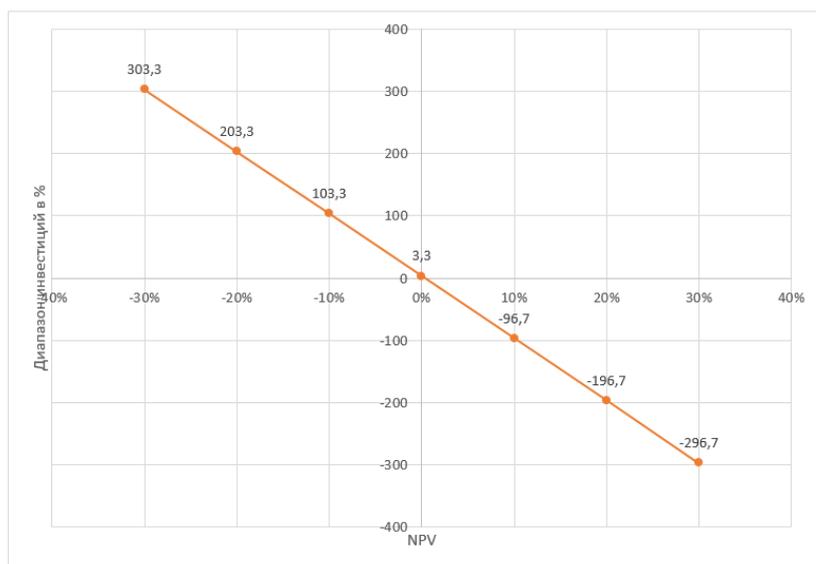


Рис. 6. Влияние объема инвестиций на NPV цифровых проектов предприятий машиностроения
 Fig. 6. The impact of the volume of investments on the NPV of digital projects of mechanical engineering enterprises

Источник: разработано авторами

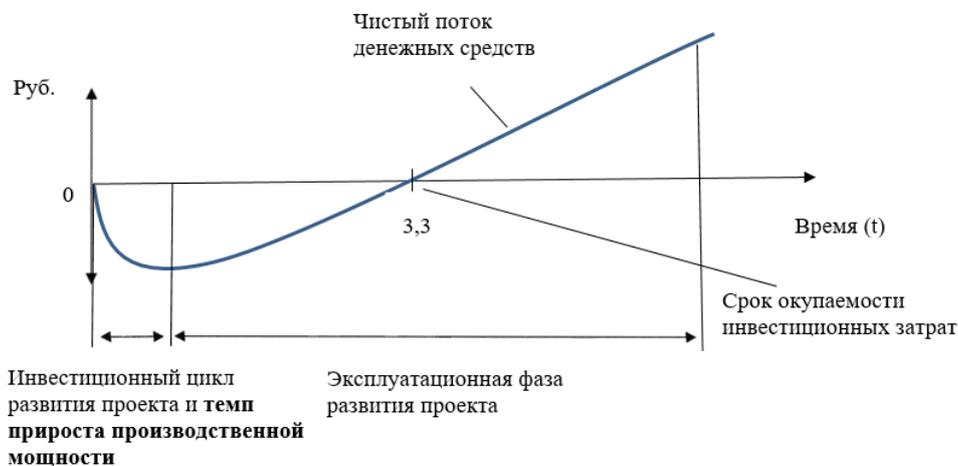


Рис. 7. Стадии развития инвестиционного проекта по цифровизации на предприятиях машиностроения (без указания преинвестиционной стадии) на примере условного инвестиционного проекта
 Fig. 7. Stages of development of an investment project on digitalization at machine-building enterprises (without specifying the pre-investment stage) on the example of a conditional investment project

Источник: составлено и дополнено авторами [5]

Как видно из расчетов, увеличение объема инвестиций на 10% и более приводит к тому, что NPV проекта принимает отрицательное значение, и проект становится невыгодным.

Уменьшение объема инвестиций на 10% и более увеличивает показатели NPV проекта, делая его более выгодным при неизменных равных условиях, по другим показателям.

Анализ чувствительности NPV проектов в области цифровых технологий на предприятиях машиностроения, проведенный при помощи экономико-математической модели (NPV) в Excel показал, что объем инвестиций играет ключевую роль в изменении NPV в данном проекте.

Стоит отметить, что цикл прироста производственной мощности и инвестиционный цикл развития проекта по цифровизации на предприятиях машиностроения часто проходят параллельно.

Проведенное научное исследование подтверждает специфику влияния объема инвестиций в инвестиционном цикле развития проекта на рентабельность и наращивание темпов развития в области цифровизации и выхода на серийную производительность предприятий машиностроения по выпуску изделий.

Заключение

В ходе проведения научного исследования получены следующие результаты:

- проведен анализ литературы, рассмотрены и проанализированы определения «цифровая трансформация» различных авторов, составлена таблица определений данного понятия с указанием авторов; рассмотрены имеющиеся на сегодняшний день цифровые платформы, их применимость для управления ЖЦИ через связь с подразделениями предприятия, занимающимися КТПП; определены достоинства и недостатки мобильных программных продуктов САПР для КТПП предприятий машиностроения;

- разработана схема создания цифрового двойника изделия машиностроительного предприятия с управлением на всех стадиях жизненного цикла, позволяющая сформировать систему со связью по сети Internet, объединяющую управление изделием с Разработчиком-Изготовителем и Потребителем;

- разработана система индикаторов для определения уровня цифровизации и инновационного развития машиностроительного предприятия, учитывающая его специфику;

- предложена экономико-математическая модель (NPV) для оценки влияния инвестиционных проектов по цифровизации предприятий машиностроения на ее развитие, показана зависимость рентабельности проекта от начального объема инвестиций, обозначена параллельность циклов наращивания темпов производственной мощности и инвестиционного развития проектов по цифровизации.

«России необходимо воспользоваться сложившейся научно-технологической ситуацией в мировой экономике, чтобы обеспечить глобально конкурентные позиции на рынке» [2].

Можно отметить, что в сложившейся ситуации для отечественных промышленных предприятий открывается масса возможностей, связанных с уходом сильных иностранных конкурентов с отечественного рынка, занимавших высокотехнологичные ниши промышленности. Требуется развитие как реального сектора экономики, так и цифровых технологий, базирующихся на отечественной электронной компонентной базе.

С целью поддержания тенденции развития промышленных предприятий, прироста производственной мощности и скорейшего выхода на серийное производство в рамках проектов по импортозамещению и цифровизации, для них в новых условиях необходимо:

- снизить ключевую ставку до 1-2% годовых на кредиты в период развития 10-15 лет;
- снизить налоговую нагрузку до 3-5% в год на 10-15 лет;
- разработать проект для проведения импортозамещения на предприятиях 2-го и последующих эшелонов (поставщиков комплектующих и компонентов);

- ослабить контроль за финансами предприятий 2-го и последующих эшелонов (снижение ключевых ставок по кредитам, упрощение налоговой отчетности и ослабление контроля со стороны контролирующих государственных органов, предоставить бонусы на развитие при взаимодействии с отраслевыми институтами по вопросам НИОКР).

Заводам-изготовителям и разработчикам при проведении конструкторско-технологической подготовки производства с использованием CAD/CAM/CAE-систем рассмотреть возможность перехода с иностранных программных продуктов на отечественные аналоги, с учетом интеграции в уже сформированные на предприятиях PLM-системы и имеющимся станочным парком.



Для примера, заменой программным продуктам CREO, SolidWorks, AutoCAD для предприятий машиностроения может служить CAD-система КОМПАС-3D от компании АСКОН (Россия).

Для решения вопросов с развитием станкостроения – в ближайшее время видится выход из технологических цепочек развитых стран, с трансфером технологий и поддержанием отечественных станкостроительных кластеров. В переходный период, требуется плотное взаимодействие с дружественными нам странами в части обслуживания и ремонта уже имеющегося в стране станочного парка.

По словам Министра промышленности и торговли Мантурова Д. В.: «В части, промышленного развития, можно ожидать стабилизации и окончательного оформления роли государства как активного промышленного инвестора и актора процесса развития промышленных производств в ближайшие 5...10 лет. Предполагаемый горизонт выбран нами исходя из сроков реализации инвестиционных проектов (3...5 лет), длительности электоральных (политических) циклов и основных результатов развития промышленной политики» [16, с. 14].

В заключение хотелось бы отметить, что одним из шагов к положительной динамике развития промышленности можно считать начало инвестиционных процессов, инициированных правительством Санкт-Петербурга в 2022 году на основании Постановления Правительства Российской Федерации от 18.02.2022 № 208, которым утверждена программа поддержки проектов, предусматривающих разработку конструкторской документации на комплектующие изделия, необходимые для отраслевой промышленности¹; назначило оператором программы АНО «Агентство по технологическому развитию». Программа направлена на разработку комплектующих изделий и покрывает до 80% (100% в 2022 году) стоимости разработки конструкторской документации.

Направления дальнейших исследований видятся в разработках для предприятий машиностроения: систем цифровой экономической безопасности; цифровых платформ с интегрированными в них модулями PLM-систем; систем отслеживания и работы с жизненным циклом изделий; систем интеграции с технологиями больших данных (Big Data); отечественных мобильных программных продуктов САПР для мобильных устройств. Также в создании экономических условий для научно-производственных объединений промышленности, имеющих требуемый набор компетенций в решении задач, обусловленных существующими сегодня вызовами.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. **Акбердина В.В.** Мульти субъектная промышленная политика / В.В. Акбердина, О.А. Романова, Н.Ю. Бухвалов [и др.]. – Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2018. – 365 с. – ISBN 978-5-94646-610-3. – EDN ETALHM.

2. **Бабкин А.В., Буркальцева Д.Д., Костень Д.Г., Воробьев Ю.Н.** Формирование цифровой экономики в России: сущность, особенности, техническая нормализация, проблемы развития // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2017. Т. 10, №3. С. 9–25.

3. **Бабкин А.В.** Применение цифровых технологий в промышленности для обеспечения устойчивого развития (на примере судостроения) / А.В. Бабкин, Д.А. Лебедев // Стратегическое управление развитием цифровой экономики на основе умных технологий / под ред. А.В. Бабкина. – Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2021. – С. 309–325. – DOI: 10.18720/IEP/2021.2/14

4. **Белякова Г.Я.** Цифровая экономика и новые подходы к управлению производственной операцией в машиностроении / Г.Я. Белякова, Д.А. Фокина // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2019. – № 5-1. – С. 24–29.

5. **Бирюков А.Н.** Анализ чувствительности показателей эффективности инвестиционных проектов на основе динамических методов // Вестник УрФУ. Серия экономика и управление. 2017. Т. 16, № 6. С. 954–968. DOI: 10.15826/vestnik.2017.16.6.045

6. **Гончаренко Л.С.** Цифровая экономика как фактор социально-экономической трансформации России / Л.С. Гончаренко // Вестн. Челяб. гос. ун-та. – 2019. – № 3. – С. 43–49.

¹ Постановление Правительства РФ от 18 февраля 2022 г. N 208

7. **Ершова И.В.** Критерии выбора контрагентов для разработки научно-технической продукции / И.В. Ершова, Я.Г. Бездежская // *Фундаментальные исследования*. – 2020. – № 3. – С. 38–42. – DOI: 10.17513/fr.42696. – EDN DXWCHL.

8. **Зверев А.В.** Цифровая трансформации экономики и финансовой системы России / А.В. Зверев, М.Ю. Мишина, А.В. Новиков // *Экономика и управление: проблемы, решения*. – 2021. – Т. 1. – № 6 (114). – С. 82–95. – DOI: 10.36871/ek.up.p.r.2021.06.01.013

9. Зеленая энергия в России вскоре может стать дешевле традиционной. URL: <https://www.vedomosti.ru/business/articart/2020/05/26/831097-zelenaya-energiya-v-rossii-vskore-mozhet-stat-deshevle-traditsionnoi> (дата обращения: 27.07.2022).

10. **Зозуля Д.М.** Цифровизация российской экономики и Индустрия 4.0: вызовы и перспективы // *Вопросы инновационной экономики*. 2018. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovizatsiya-rossiyskoj-ekonomiki-i-industriya-4-0-vyzovy-i-perspektivy> (дата обращения: 10.08.2022).

11. **Иванов А.А.** Искусственный интеллект как основа инновационных преобразований в технике, экономике, бизнесе / А.А. Иванов, Л. Рожкова // *Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета*. – 2018. – № 3 (111). – С. 112–115.

12. **Измайлов М.К.** Использование информационных технологий в системе управления промышленного предприятия / М.К. Измайлов // *Управление инновационными и инвестиционными процессами и изменениями в условиях цифровой экономики: Сборник научных трудов по итогам III международной научно-практической конференции*. – СПб.: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2020. – С. 82–87.

13. Конкуренция в цифровую эпоху: стратегические вызовы для Российской Федерации. URL: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/30584/AUS0000158-RU.pdf?sequence=4> (дата обращения: 24.07.2022).

14. Курт Морено Бесплатное программное обеспечение САПР для мобильных устройств, 2014. URL: https://www.cadalist.com/cad/fref-cad-software-mobile-devices-20019?page_id=2 (дата обращения: 25.07.2022).

15. Лучшие бесплатные мобильные САПР мирового рынка, 2014. URL: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=17130 (дата обращения: 21.07.2022).

16. **Мантуров Д.В.** Государство как инвестор: поиск эффективных инструментов финансирования промышленности / Д.В. Мантуров // *Экономическое возрождение России (ВЭО)*. – 2017. – № 2 (52). – С. 4–16.

17. **Михайлов В.В.** Показатели оценки и эффективности выполнения государственного оборонного заказа промышленными предприятиями / В.В. Михайлов, А.В. Бабкин, С.В. Михайлов // *Цифровая экономика, умные инновации и технологии: Сборник трудов Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции с зарубежным участием, Санкт-Петербург, 18–20 апреля 2021 года*. – Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2021. – С. 249–252. – DOI: 10.18720/IEP/2021.1/77

18. **Молчанова С.М.** Разработка и внедрение стратегии цифровой трансформации в экономике РФ // *Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 3: Экономические, гуманитарные и общественные науки*. 2021, № 2, с. 31–36.

19. Отчет “Измерение информационного общества за 2018 год” – Краткий обзор. ITU. URL: <https://www.itu.int/pub/D-IND-ICTOI-2018> (дата обращения: 18.07.2022).

20. **Паркер Дж.** Революция платформ. Как сетевые рынки меняют экономику – и как заставить их работать на вас / Д. Паркер, М. ван. Альстин, С. Чаудари. – М.: МИФ, 2016, 440 с.

21. Россия в цифрах. 2020: Крат. стат. сб. / Росстат- М., 2020 – 550 с.

22. **Скоробогатов А.С.** Моделирование ИТ-архитектуры системы конструкторско-технологической подготовки производства на предприятиях машиностроения / А. С. Скоробогатов, В. В. Кобзев // *Вестник Алтайской академии экономики и права*. – 2022. – № 4-1. – С. 119–126. – DOI: 10.17513/vaael.2146. – EDN FLCSEEО.

23. **Степнов И.М., Ковальчук Ю.А.** Инвестиционная оценка современных бизнес-моделей // *Учет. Анализ. Аудит*. 2021. Т. 8. № 2. С. 12–23. DOI: 10.26794/2408-9303-2021-8-2-12-23

24. **Степнов И.М., Ковальчук Ю.А.** Цифровые платформы как новый экономический агент в открытой модели экономики // *Друкеровский вестник*, 2019, № 2 (28), с. 5–13. DOI: 10.17213/2312-6469-2019-2-5-13



25. Цифровизация промышленности как инструмент повышения эффективности производства. Лучшие практики и новые решения Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/3744965>. (дата обращения: 25.07.2022).
26. Approval of the European Commission 2019-2024. URL: <https://ec.europa.eu/info/election-european-commission-2019-2024> (дата обращения: 27.07.2022).
27. **Gabrielsson J., Politis D., Billström A.** University spin-offs and triple helix dynamics in regional innovation ecosystems: A comparison of technology intensive start-ups in Sweden // *Global Business and Economics Review*, 0219, no. 1 (3-4), pp. 362–381.
28. International Telecommunication Union (ITU). 2019. URL: <https://www.itu.int/en/ITU-TELECOM/Pages/world2019.aspx> (дата обращения: 26.07.2022).
29. McKinsey Global Institute 2016. Digital Europe: Pushing the Frontier, Capturing the Benefits. June. McKinsey & Company. URL: <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Business%20Functions/McKinsey%20Digital/Our%20Insights/Digital%20Europe%20Pushing%20the%20frontier%20capturing%20the%20benefits/Digital-Europe-Full-report-June-2016.ashx> (дата обращения: 15.07.2022).
30. Measuring the digital economy: current work and future challenges. 2019. URL: https://unece.org/fileadmin/DAM/stats/documents/ece/ces/bur/2019/October/19_DDigita_Economy_OECD.pdf (дата обращения: 25.07.2022).
31. **Pfohl H., Yahsi B., Kurnaz T.** The impact of Industry 4.0 on the supply chain // *HICLConference PROCEEDINGS*. 2015. Pp. 31 – 58
32. **Qin J., Liu Y., Grosvenor R.** A categorical framework of manufacturing for Industry 4.0 and beyond // *Procedia CIRP*. – 2016. – № 52. – p. 173–178.
33. Special Economic Zones. World Investment Report 2019. UNCTAD. URL: <https://unctad.org/webflyer/world-investment-report-2019> (дата обращения: 20.07.2022).

REFERENCES

1. **V.V. Akberdina**, Multisubъектная промышленная политика / V.V. Akberdina, O.A. Romanova, N.Yu. Bukhvalov [i dr.]. – Yekaterinburg: Institut ekonomiki UrO RAN, 2018. – 365 s. – ISBN: 978-5-94646-610-3. – EDN ETALHM.
2. **A.V. Babkin, D.D. Burkaltseva, D.G. Kosten, Yu.N. Vorobyev**, Formirovaniye tsifrovoy ekonomiki v Rossii: sushchnost, osobennosti, tekhnicheskaya normalizatsiya, problemy razvitiya // *Nauchno-tekhnicheskiye vedomosti SPbGPU. Ekonomicheskiye nauki*. 2017. T. 10, № 3. S. 9–25.
3. **A.V. Babkin**, Primeneniye tsifrovyykh tekhnologiy v promyshlennosti dlya obespecheniya ustoychivogo razvitiya (na primere sudostroyeniya) / A.V. Babkin, D.A. Lebedev // *Strategicheskoye upravleniye razvitiyem tsifrovoy ekonomiki na osnove umnykh tekhnologiy / pod red. A.V. Babkina*. – Sankt-Peterburg: POLITEKH-PRESS, 2021. – S. 309–325. – DOI: 10.18720/IEP/2021.2/14
4. **G.Ya. Belyakova**, Tsifrovaya ekonomika i novyye podkhody k upravleniyu proizvodstvennoy kooperatsiyey v mashinostroyenii / G.Ya. Belyakova, D.A. Fokina // *Vestnik Altayskoy akademii ekonomiki i prava*. – 2019. – № 5-1. – S. 24–29.
5. **A.N. Biryukov**, Analiz chuvstvitelnosti pokazateley effektivnosti investitsionnykh proyektov na osnove dinamicheskikh metodov // *Vestnik UrFU. Seriya ekonomika i upravleniye*. 2017. T. 16, № 6. S. 954–968. DOI: 10.15826/vestnik.2017.16.6.045
6. **L.S. Goncharenko**, Tsifrovaya ekonomika kak faktor sotsialno-ekonomicheskoy transformatsii Rossii / L.S. Goncharenko // *Vestn. Chelyab. gos. un-ta*. – 2019. – № 3. – S. 43–49.
7. **I.V. Yershova**, Kriterii vybora kontragentov dlya razrabotki nauchno-tekhnicheskoy produktsii / I. V. Yershova, Ya. G. Bezdezhskaya // *Fundamentalnyye issledovaniya*. – 2020. – № 3. – S. 38–42. – DOI: 10.17513/fr.42696. – EDN DXWCHL.
8. **A.V. Zverev**, Tsifrovaya transformatsii ekonomiki i finansovoy sistemy Rossii / A.V. Zverev, M.Yu. Mishina, A.V. Novikov // *Ekonomika i upravleniye: problemy, resheniya*. – 2021. – T. 1. – № 6 (114). – S. 82–95. – DOI: 10.36871/ek.up.p.r.2021.06.01.013
9. Zelenaya energiya v Rossii vskore mozhet stat deshevle traditsionnoy. URL: <https://www.vedomosti.ru/business/articart/2020/05/26/831097-zelenaya-energiya-v-rossii-vskore-mozhet-stat-deshevle-traditsionnoi> (data obrashcheniya: 27.07.2022).

10. **D.M. Zozulya**, Tsifrovizatsiya rossiyskoy ekonomiki i Industriya 4.0: vyzovy i perspektivy // Voprosy innovatsionnoy ekonomiki. 2018. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovizatsiya-rossiyskoy-ekonomiki-i-industriya-4-0-vyzovy-i-perspektivy> (data obrashcheniya: 10.08.2022).
11. **A.A. Ivanov**, Iskusstvennyy intellekt kak osnova innovatsionnykh preobrazovaniy v tekhnike, ekonomike, biznese / A. A. Ivanov, L. Rozhkova // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta. – 2018. – № 3 (111). – S. 112–115.
12. **M.K. Izmaylov**, Ispolzovaniye informatsionnykh tekhnologiy v sisteme upravleniya promyshlennogo predpriyatiya / M.K. Izmaylov // Upravleniye innovatsionnymi i investitsionnymi protsessami i izmeneniyami v usloviyakh tsifrovoy ekonomiki: Sbornik nauchnykh trudov po itogam III mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. – SPb.: Sankt-Peterburgskiy gosudarstvennyy ekonomicheskii universitet, 2020. – S. 82–87.
13. Konkurentsia v tsifrovuyu epokhu: strategicheskiye vyzovy dlya Rossiyskoy Federatsii. URL: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/30584/AUS0000158-RU.pdf?sequence=4> (data obrashcheniya: 24.07.2022).
14. Kurt Moreno Besplatnoye programmnoye obespecheniye SAPR dlya mobilnykh ustroystv, 2014. URL: https://www.cadalist.com/cad/fref-cad-software-mobile-devices-20019?page_id=2 (data obrashcheniya: 25.07.2022).
15. Luchshiy besplatnyy mobilnyy SAPR mirovogo rynka, 2014. URL: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=17130 (data obrashcheniya: 21.07.2022).
16. **D.V. Manturov**, Gosudarstvo kak investor: poisk effektivnykh instrumentov finansirovaniya promyshlennosti / D.V. Manturov // Ekonomicheskoye vrozozhdeniye Rossii (VEO). – 2017. – No. 2 (52). – S. 4–16.
17. **V.V. Mikhaylov**, Pokazateli otsenki i effektivnosti vypolneniya gosudarstvennogo oboronnoy zakaza promyshlennymi predpriyatiyami / V.V. Mikhaylov, A.V. Babkin, S.V. Mikhaylov // Tsifrovaya ekonomika, umnyye innovatsii i tekhnologii : Sbornik trudov Natsionalnoy (Vserossiyskoy) nauchno-prakticheskoy konferentsii s zarubezhnym uchastiyem, Sankt-Peterburg, 18–20 aprelya 2021 goda. – Sankt-Peterburg: POLITEKH-PRESS, 2021. – S. 249–252. – DOI: 10.18720/IEP/2021.1/77
18. **S.M. Molchanova**, Razrabotka i vnedreniye strategii tsifrovoy transformatsii v ekonomike RF // Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i dizayna. Seriya 3: Ekonomicheskoye, gumanitarnyye i obshchestvennyye nauki. 2021, № 2, s. 31–36.
19. Otchet “Izmereniye informatsionnogo obshchestva za 2018 god” – Kratkiy obzor. ITU. URL: <https://www.itu.int/pub/D-IND-ICTOI-2018> (data obrashcheniya: 18.07.2022).
20. **Dzh. Parker**, Revolyutsiya platform. Kak setevyye rynki menyayut ekonomiku – i kak zastavit ikh rabotat na vas / D. Parker, M. van. Alstin, S. Chaudari. – M.: MIF, 2016, 440 s.
21. Rossiya v tsifrah. 2020: Krat.stat.sb./Rosstat- M., 2020 – 550 s.
22. **A.S. Skorobogatov**, Modelirovaniye IT-arkhitektury sistemy konstruktorsko-tekhnologicheskoy podgotovki proizvodstva na predpriyatiyakh mashinostroyeniya / A.S. Skorobogatov, V.V. Kobzev // Vestnik Altayskoy akademii ekonomiki i prava. – 2022. – № 4-1. – S. 119–126. – DOI: 10.17513/vaael.2146. – EDN FLCEEO.
23. **I.M. Stepnov, Yu.A. Kovalchuk**, Investitsionnaya otsenka sovremennykh biznes-modeley // Uchet. Analiz. Audit. 2021. T. 8. № 2. S. 12–23. DOI: 10.26794/2408-9303-2021-8-2-12-23
24. **I.M. Stepnov, Yu.A. Kovalchuk**, Tsifrovyye platformy kak novyy ekonomicheskii agent v otkrytoy modeli ekonomiki // Drukerovskiy vestnik, 2019, № 2 (28), s. 5–13. DOI: 10.17213/2312-6469-2019-2-5-13
25. Tsifrovizatsiya promyshlennosti kak instrument povysheniya effektivnosti proizvodstva. Luchshiy praktiki i novyye resheniya Rezhim dostupa: <https://www.kommersant.ru/doc/3744965>. (data obrashcheniya: 25.07.2022).
26. Approval of the European Commission 2019-2024. URL: <https://ec.europa.eu/info/election-european-commission-2019-2024> (data obrashcheniya: 27.07.2022).
27. **J. Gabrielsson, D. Politis, A. Billström**, University spin-offs and triple helix dynamics in regional innovation ecosystems: A comparison of technology intensive start-ups in Sweden // Global Business and Economics Review, 0219, no. 1 (3-4), pp. 362–381.
28. International Telecommunication Union (ITU). 2019. URL: <https://www.itu.int/en/ITU-TELECOM/Pages/world2019.aspx> (data obrashcheniya: 26.07.2022).
29. McKinsey Global Institute 2016. Digital Europe: Pushing the Frontier, Capturing the Benefits. June. McKinsey & Company. URL: <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Business%20Functions/>



McKinsey%20Digital/Our%20Insights/Digital%20Europe%20Pushing%20the%20frontier%20capturing%20the%20benefits/Digital-Europe-Full-report-June-2016.ashx (data obrashcheniya: 15.07.2022).

30. Measuring the digital economy: current work and future challenges. 2019. URL: https://unece.org/fileadmin/DAM/stats/documents/ece/ces/bur/2019/October/19_DDigita_Economy_OECD.pdf (data obrashcheniya: 25.07.2022).

31. **H. Pfohl, B. Yahsi, T. Kurnaz**, The impact of Industry 4.0 on the supply chain // HICLConference PROCEEDINGS. 2015. R. 31–58.

32. **J. Qin, Y. Liu, R. Grosvenor**, A sategorical framework of manufacturing for Industry 4.0 and beyond // Procedia CIRP. – 2016. – № 52. – p. 173–178.

33. Special Economic Zones. World Investment Report 2019. UNCTAD. URL: <https://unctad.org/webflyer/world-investment-report-2019> (data obrashcheniya: 20.07.2022).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT AUTHORS

КОБЗЕВ Владимир Васильевич

E-mail: kobzev_yv@mail.ru

Vladimir V. KOBZEV

E-mail: kobzev_yv@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4144-4287>

БАБКИН Александр Васильевич

E-mail: al-vas@mail.ru

Aleksandr V. BAVKIN

E-mail: al-vas@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0941-6358>

СКОРОБОГАТОВ Андрей Сергеевич

E-mail: skorobogatov.andrei@yandex.ru

Andrey S. SKOROBOGATOV

E-mail: skorobogatov.andrei@yandex.ru

Поступила: 31.08.2022; Одобрена: 21.10.2022; Принята: 21.10.2022.

Submitted: 31.08.2022; Approved: 21.10.2022; Accepted: 21.10.2022.