

Стратегирование формирования платформенной операционной модели для повышения уровня цифровой зрелости промышленных систем**В.Л. Квинт^{1,2} , А.В. Бабкин^{3,4}  , Е.В. Шкарупета^{5,6} **¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 119991, Москва, Ленинские Горы, д. 1, Российская Федерация²Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», 119049, Москва, Ленинский просп., д. 4, стр. 1, Российская Федерация³Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29, Российская Федерация⁴Псковский государственный университет, 180000, Псков, пл. Ленина, д. 2, Российская Федерация⁵Воронежский государственный технический университет, 394071, Воронеж, ул. 20-летия Октября, д. 84, Российская Федерация⁶Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 662972, Железногорск, Красноярский край, ул. Северная, д. 1, Российская Федерация al-vas@mail.ru

Аннотация. В статье предложена стратегия формирования платформенной операционной модели для повышения уровня цифровой зрелости промышленных систем в изменяющихся условиях реальности. Проанализирована текущая ситуация по адаптации промышленных систем к условиям реальности 2022 года: к санкционным ограничениям и кризису, связанному с пандемией COVID-19. По аналогии с концепцией бионических компаний BCG введено понятие «бионических промышленных систем», под которыми понимается совокупность экономических субъектов, формирующих замкнутый цикл производства искусственных продуктов машинным способом на основе цифрового стратегирования, сочетающих и объединяющих новые технологии с человеческими возможностями для преобразования операций, развивающих опыт, клиентские отношения и более продуктивную работу, значительно увеличивающих темпы инноваций. Сделан вывод, что бионические промышленные системы характеризуются наличием цифровых стратегий, высоким уровнем цифровой зрелости, которую предложено оценивать на основе индекса цифровой акселерации. Предложены четыре стратегии, позволяющие осуществить трансформацию промышленных систем в бионические и максимизировать их ценность на основе цифрового стратегирования. Ключевым отличием бионических промышленных систем признано использование платформенной операционной модели. Предложена стратегия формирования платформенной операционной модели бионических промышленных систем, в основу которой положена модель цифровой трансформации операций компании Deloitte – структура, описывающая цифровой путь на основе выделения десяти эволюционных этапов с учетом кибербезопасности и цифровой культуры. В качестве лучшего опыта рассмотрена цифровая индустриальная платформа ZIIoT российской IT-компании «Цифра» и приведены практические кейсы ее внедрения в «Газпром нефти», «Лукойл» и Новолипецком металлургическом комбинате. Результатами реализации стратегии формирования платформенной операционной модели в промышленных системах должны стать: снижение затрат за счет ускоренной реализации цифровых сценариев, дополнительная прибыль и возможности диверсификации через цифровое стратегирование и др. Предложена концепция формирования платформенной операционной модели для повышения уровня цифровой зрелости промышленных систем.

Ключевые слова: промышленные системы, стратегирование, цифровое стратегирование, платформенная концепция, платформенная операционная модель, цифровая индустриальная платформа, цифровая зрелость, цифровизация, бионическая компания, бионическая промышленная система

Благодарность. Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 20-010-00942 А).

Для цитирования: Квint В.Л., Бабкин А.В., Шкарупета Е.В. Стратегирование формирования платформенной операционной модели для повышения уровня цифровой зрелости промышленных систем. *Экономика промышленности*. 2022;15(3):249–261. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2022-3-249-261>

Strategizing of forming a platform operating model to increase the level of digital maturity of industrial systems

V.L. Kvint^{1,2} , A.V. Babkin^{3,4}  , E.V. Shkarupeta^{5,6} 

¹ Lomonosov Moscow State University, 1 Leninskie Gory, Moscow 119991, Russian Federation

² National University of Science and Technology MISiS, 4-1 Leninskiy Ave., Moscow 119049, Russian Federation

³ Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
29 Polytechnicheskaya Str., St. Petersburg 195251, Russian Federation

⁴ Pskov State University, 2 Lenin Sq., Pskov 180000, Russian Federation

⁵ Voronezh State Technical University, 84 20-letiya Oktyabrya Str., Voronezh 394071, Russian Federation

⁶ Siberian Fire and Rescue Academy of the Ministry of Emergency Situations of Russia,
1 Severnaya Str., Zheleznogorsk, Krasnoyarsk Territory 662972, Russian Federation

 al-vas@mail.ru

Abstract. The authors of the article suggest the strategy of forming a platform operating model to increase the level of digital maturity of industrial systems in the changing conditions of reality. They have analyzed the current situation on adapting industrial systems to the changing conditions of reality of 2022: the sanctions restrictions and the COVID-19 pandemic crisis. In analogy with the bionics companies concept the authors introduce the term of “bionic industrial systems” as the aggregate of economic entities which form the closed cycle of producing artificial products by machine and combine new technology with human ability of transforming operations on the basis of digital strategizing, develop the experience, customer relationships and more effective performance, increase the pace of innovation significantly. There is a conclusion that bionic industrial systems are characterized by the presence of digital strategies, high level of digital maturity which should be evaluated according to the index of digital acceleration. The authors suggest four strategies allowing transformation of industrial systems into bionic ones and maximize their value on the basis of digital strategizing. The use of platform operating model is considered to be the key distinctive feature of the bionic industrial systems. The article presents the strategy of forming a platform operating model of bionic industrial systems based on the model of digital transformation of the transactions of the Deloitte company. This is the structure describing the digital path on the basis of defining 10 evolution stages taking into account cybersecurity and digital culture. The digital industrial platform ZIIoT by the Russian IT-company “Tsifra” (Digit) has been studied as the best experience, and the authors present practical cases of its implementation in Gazprom, Lukoil, Novolipetsk Metallurgical Plant. The implementation of the strategy of forming a platform operating model in industrial systems is expected to result in reducing costs due to accelerated implementation of digital scenarios, additional income and opportunities of diversification through digital strategizing, etc. The authors introduce the concept of forming a platform operating model to increase the level of digital maturity of industrial systems.

Keywords: industrial systems, strategizing, digital strategizing, platform concept, platform operating model, digital industrial platform, digital maturity, digitalization, bionic company, bionic industrial system

Acknowledgements: The study has been conducted with the support of the Russian Fund for Fundamental Studies (project № 20-010-00942 А).

For citation: Kvint V.L., Babkin A.V., Shkarupeta E.V. Strategizing of forming a platform operating model to increase the level of digital maturity of industrial systems. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2022;15(3):249–261. (In Russ.). <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2022-3-249-261>

构建平台运营模式以提高工业系统数字化成熟度的战略

V.L. 昆特^{1,2} , A.V. 巴布金^{3,4}  , E.V. 什卡鲁佩塔^{5,6} 

¹ 莫斯科国立罗蒙诺索夫大学, 119991, 俄罗斯联邦莫斯科市列宁山1号

² 国立研究型技术大学 MISIS, 119049, 俄罗斯联邦莫斯科市列宁斯基大街4号

³ 圣彼得堡彼得大帝理工大学, 195251, 俄罗斯联邦圣彼得堡市理工大街29号

⁴ 普斯科夫国立大学, 180000, 俄罗斯联邦普斯科夫市列宁大街2号

⁵ 沃罗涅日国立技术大学, 394071, 俄罗斯联邦沃罗涅日市十月革命胜利20周年大街84号

⁶ 俄罗斯紧急情况部西伯利亚消防救援学院,
662972, 俄罗斯联邦克拉斯诺亚尔斯克地区热列兹诺哥尔斯克市北方大街1号

 al-vas@mail.ru

摘要：本文提出了在不断变化的现实条件下构建平台运营模式以提高工业系统数字化成熟度的战略。分析了工业系统适应2022年不断变化的现实条件（制裁限制和COVID-19大流行引发的危机）的现状。通过类比仿生公司的概念，引入了“仿生工业系统”概念，将其理解为一组经济实体，在数字化战略规划的基础上，通过机器生产人工产品形成闭环循环，将新技术与人类能力相结合并加以整合，以转变运营方式，发展经验、客户关系和更富有成效的工作，显著提高创新速度。得出的结论是，仿生工业系统的特点是存在数字化战略，数字化成熟度高，建议根据数字化加速指数来评估。提出了将工业系统向仿生系统转变，并通过数字化战略实现其价值最大化的四项战略。仿生工业系统的主要区别是使用平台运营模式。提出了仿生工业系统的平台运营模式战略，该战略基于德勤的企业运营数字化转型模型——一种描述基于十个演进阶段的识别并考虑到网络安全和数字文化的数字化路径的架构。俄罗斯IT公司Zyfra的ZIIoT数字化工业平台被视为最佳实践，介绍了ZIIoT平台在俄罗斯天然气工业股份公司（Gazprom Neft）、卢克石油公司（Lukoil）和新利佩茨克钢铁公司（NLMK）实施的实际案例。构建工业系统平台运营模式的战略的实施结果应该是数字化方案加速落地带来的成本降低，数字化战略带来额外的利润和多元化机会等。提出了构建平台运营模式以提高工业系统数字化成熟度的概念。

关键词：工业系统、战略规划、数字化战略规划、平台概念、平台运营模式、数字化平台、数字化成熟度、数字化、仿生公司、仿生工业系统

鸣谢：该工作得到了俄罗斯基础研究基金会的支持（项目编号20-010-00942 A）。

Введение

По мнению лидеров промышленной отрасли экономики РФ [1, 2], в условиях адаптации к изменяющимся условиям реальности цифровое стратегирование, разработка и внедрение цифровых стратегий и инвестиции в «цифру» являются приоритетными задачами экономических систем наравне с повышением цифровой зрелости и уровнем цифровизации промышленных систем, совершенствованием цифровых навыков промышленных предприятий, активов как в плане работы с передовыми технологиями, так и в плане управления трансформацией [3, 4].

Цифровизация способствует повышению устойчивости в кризисные времена, увеличению качества и скорости принятия решений и улучшению финансовых показателей. Объектами цифрового стратегирования являются сложные экономические системы, в качестве которых мо-

гут выступать в рамках иерархической многоуровневой структуры промышленные комплексы и предприятия, научные организации, университеты уровня 4.0, промышленные кластеры, научно-промышленно-образовательные комплексы, отрасли промышленности, мегаполисы, регионы. В качестве экономической системы применительно к целям настоящей статьи авторы рассматривают промышленные системы.

Россия стремится к технологическому суверенитету и независимости в русле трендов импортозамещения, технологического паритета и технологического превосходства. За короткий срок в 10–20 лет отечественному высокотехнологическому промышленному сектору необходимо сформировать так называемый алмазный фонд как минимум из нескольких десятков технологий, принадлежащих только нашей стране [3]. Цифровое стратегирование с применением ис-

кусственного интеллекта и промышленного интернета вещей дает не просто инструменты для оптимизации работы промышленных предприятий, но и помогает в поддержке экономической устойчивости и стабильности производства в изменяющихся условиях реальности.

Несмотря на вызовы внешней среды, в стране имеются все необходимые компетенции, технологии и решения для успешного перехода к Индустрии 4.0 и последующей Индустрии 5.0 при условии продуктивного взаимодействия и объединения усилий промышленных предприятий, IT-поставщиков, университетов для подготовки актуальных кадров [5, 6]. Такое взаимодействие может происходить на основе стратегии открытых инноваций, тройной инновационной спирали [7] (в качестве основных элементов включающей академическое сообщество, в том числе университеты, промышленность и государство), четверной [8] (наука, промышленность, государство и общество) и пятерной [9] (наука, промышленность, государство, общество, окружающая среда) инновационных спиралей.

Целью настоящего исследования является стратегирование формирования платформенной операционной модели для повышения уровня

цифровой зрелости промышленных систем и ее дальнейшее развитие на основе технологий цифровых двойников.

Объектом исследования выступают промышленные комплексы и системы, объединяющие предприятия промышленных видов деятельности, связанных между собой, функционирующих в условиях санкционного давления и необходимости постпандемийного восстановления.

Текущая ситуация по адаптации промышленных систем к изменяющимся условиям реальности: санкционные ограничения, кризис COVID-19

В I квартале 2022 г. промышленность Евразийского экономического союза (ЕАЭС) продемонстрировала высокие значения темпов промышленного производства – в целом на 5,6 % по сравнению с аналогичным периодом 2021 г. При этом объем промышленного производства в РФ вырос на 5,9 % (рис. 1) [10].

Несмотря на новые санкционные ограничения во II квартале 2022 г., также наблюдается положительная динамика в промышленном секторе. Промышленность стран ЕАЭС за январь–май 2022 г. показала рост объема производства на 2,6 % по сравнению с аналогичным периодом 2021 г.

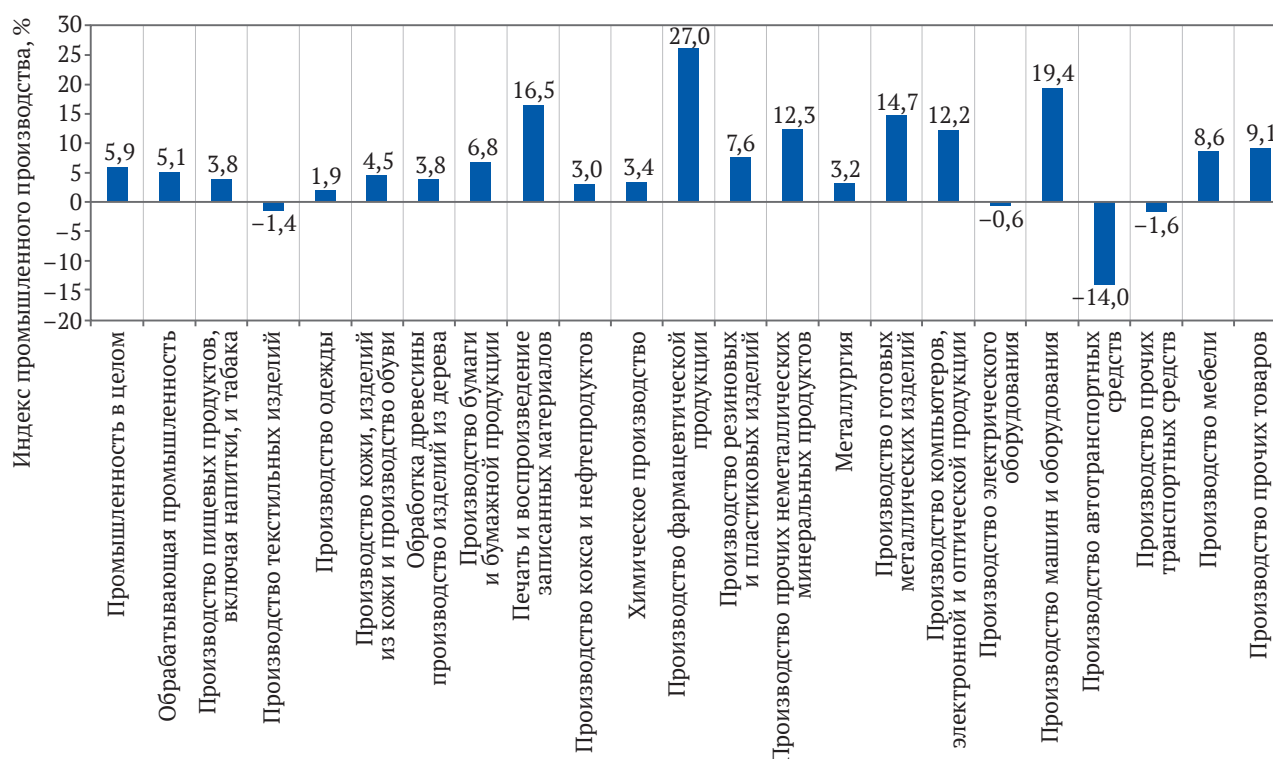


Рис. 1. Темпы прироста/снижения индекса промышленного производства в РФ в I кв. 2022 г. по отношению к соответствующему периоду предыдущего года [10]

Fig. 1. Growth/decline rates of the industrial production index in the Russian Federation in the first quarter of 2022 versus the corresponding period of the previous year [10]

У промышленных предприятий получилось достаточно гибко пройти адаптацию к изменяющимся условиям. Ключевую роль в этом процессе сыграли, с одной стороны, увеличение и наращивание объемов производства, с другой – активная подготовка к трудным временам рецессии, которая, согласно экономическим прогнозам, может вскоре случиться. Однако состояние рынка в настоящее время свидетельствует о нарушении цепочек поставок и усложнении закупок. В настоящее время важно понимать, какие решения помогут быстрее достичь экономических эффектов, в том числе с помощью цифрового стратегирования, цифровой трансформации и цифровизации процессов [1].

Бионические промышленные системы – лидеры цифрового стратегирования

Необходимость формирования технологического паритета и технологического превосходства открывает эру бионических промышленных систем. Терминологически прилагательное «бионический» означает имеющий нормальные биологические возможности или характеристики, усиленные электронными или электромеханическими устройствами. Другими словами, «бионический» означает «с применением принципов организации, свойств, функций и структур живой природы в технических устройствах и системах» [11].

Под бионическими промышленными системами в настоящем исследовании будем понимать совокупность экономических субъектов, формирующих замкнутый цикл производства искусственных продуктов машинным способом, на основе цифрового стратегирования сочетающих и объединяющих новые технологии с человеческими возможностями для преобразования опе-

раций, развивающих опыт, клиентские отношения и более продуктивную работу, значительно увеличивающих темпы инноваций (рис. 2).

Бионические промышленные системы отличаются сильным «чувством» цели, а также применением цифровых стратегий [12, 13]. Цифровые стратегии в настоящее время как нельзя в большей степени нуждаются в стратегической мудрости, которую в качестве обязательного приоритета концепции стратегирования рассматривает автор [14, 15]. Данные постулаты положены и в основу концепции формирования платформенной операционной модели для повышения уровня цифровой зрелости промышленных систем.

В бионических промышленных системах технологии цифрового потока сочетаются с гибкостью, адаптивностью и всесторонним опытом человека, чтобы полностью раскрыть свой потенциал. В бионических промышленных системах цифровая трансформация происходит на основе отказа от традиционного мышления и перехода к более совместному, экспериментальному подходу. Такие новые подходы к работе открывают новые решения, которые, в свою очередь, могут улучшить качество обслуживания клиентов, стимулировать инновации сотрудников и подстегнуть рост компании на фундаментальном уровне.

Стратегия трансформации промышленных систем в бионические

Эмпирически доказано, что бионические промышленные системы характеризуются наличием цифровых стратегий, позволяющих достичь высокого уровня цифровой зрелости. При этом уровень цифровой зрелости может быть оценен с помощью ряда индексов, например, на основе индекса цифровой акселерации (*Digital Acceleration Index – DAI*) [16] или на основе индекса,



Рис. 2. Бионические промышленные системы как конвергенция технологий и человеческих возможностей на основе цифрового стратегирования

Fig. 2. Bionic industrial systems as a convergence of technology and human capabilities based on digital strategizing

предложенного авторами в своих предыдущих исследованиях [17–19]. Согласно классификации бионических компаний BCG [20], компании с показателем DAI от 67 до 100 баллов относятся к категории бионических компаний, от 44 до 66 баллов – это компании, развивающие цифровое мастерство, а с показателем 43 или ниже – отстающие в цифровом развитии.

Стоимость бизнеса бионических компаний ежегодно увеличивается более чем в два раза. Более того, бионические компании с цифровыми стратегиями и высокой цифровой зрелостью оказались гораздо более устойчивыми до, во время и после кризиса, вызванного пандемией COVID-19. После того как в начале пандемии их рыночная стоимость сильно упала, эти компании быстро восстановились. Уже через шесть месяцев их стоимость в среднем на 23 % превысила докризисный уровень, в то время как наименее развитые в цифровом отношении компании выросли в среднем всего на 7 % (рис. 3) [20].

Бионические компании, характеризующиеся наличием цифровых стратегий и высоким уровнем цифровой зрелости, превосходили своих конкурентов по девяти показателям, и особенно сильными они были в таких областях, как рост доходов, стоимость предприятия и возврат инвестиций (ROI) в цифровые проекты. С 2017 по 2020 г. 40 % наиболее зрелых в цифровом отношении компаний (бионических) увеличили выручку более чем на 10 %, в то время как только 19 % наименее развитых в цифровом отношении (цифровых отстающих) компаний достигли

такого результата. Аналогичным образом, 33 % бионических компаний увеличили общую стоимость предприятия более чем на 10 %, в то время как только 15 % отстающих цифровых компаний сообщили о том же. На вопрос о рентабельности инвестиций в цифровые проекты 66 % бионических компаний сообщили о рентабельности на 10 % и более, в то время как среди отстающих цифровых компаний такой рентабельности добились только 36 %. По шести другим показателям – сокращение затрат, рост цены акций, рост доли рынка и три вида влияния на показатель прибыли до вычета процентов к уплате и налогов EBIT (общее влияние, влияние цифровых технологий и искусственного интеллекта) – бионические компании на 50 % чаще достигали 10%-ного порога, чем отстающие цифровые компании [20].

Независимо от того, на каком уровне цифровой зрелости находится промышленная система, следующие четыре стратегии позволяют максимизировать ценность цифровых инициатив и осуществить жизненно важную трансформацию по превращению промышленной системы в бионическую на основе цифрового стратегирования [21]:

- стратегия значительного инвестирования в технологии, данные и человеческий потенциал;
- стратегия заложения искусственного интеллекта в основу цифровой трансформации;
- стратегия внедрения платформенной операционной модели;
- стратегия конвергенции технологий и человеческих возможностей.



Рис. 3. Индекс зависимости цифровой зрелости и рыночной стоимости для 193 компаний из 38 стран [21]

Fig. 3. Digital Maturity and Market Value Index for 193 companies from 38 countries [21]

Таким образом, ключевым отличием бионических промышленных систем является использование платформенной операционной модели на основе цифрового стратегирования, что позволяет повысить уровень цифровой зрелости промышленной системы [20].

Платформенная операционная модель в бионических промышленных системах

По мнению целого ряда авторитетных консалтинговых компаний, таких как BCG, Deloitte и Accenture, именно через платформы лежит путь промышленности в цифровое будущее. Цифровые платформы позволяют предприятиям не тратить свои ресурсы на in-house разработку промышленных приложений с нуля, а брать необходимую базовую часть для них с рынка. В цифровых промышленных платформах уже содержатся необходимые сервисы для работы с промышленными данными и инструментарий для разработки промышленных приложений. Предприятия могут использовать платформу для создания собственных сервисов, заменяющих функционал решений зарубежных вендоров, и впоследствии делиться ими с коллегами по рынку через платформенную экосистему [22].

Около 20 % бионических компаний в исследовании BCG [20] работают полностью по платформенной модели, а 60 % используют гибридную модель. При гибридном подходе некоторые цифровые инициативы управляются продуктовыми

командами, которые доводят свои решения до бизнес-подразделений и функций, в то время как другие цифровые инициативы централизованно управляются штаб-квартирой, бизнес-подразделениями или функциями. Для сравнения, около 65 % отстающих цифровых компаний все еще используют изолированную операционную модель, которая управляется бизнес-подразделениями.

В основу стратегии формирования платформенной операционной модели в бионических промышленных системах нами положена модель цифровой трансформации операций (*Digital Operations Transformation – DOT*) компании Deloitte – структура, которая описывает цифровой путь на основе выделения десяти эволюционных этапов с учетом кибербезопасности и цифровой культуры в целях определения перспективной стоимости промышленной системы (рис. 4) [23, 24].

Российская ИТ-компания «Цифра» в 2021 г. презентовала цифровую индустриальную платформу управления непрерывным производством Zyfra Industrial IoT (ZIIoT) Platform, которая применяется в нефтегазовой и горнодобывающей отрасли (рис. 5).

Платформа включает весь необходимый набор компонентов для создания и внедрения MES и AI цифровых решений на предприятии. ZIIoT позволяет выстроить готовую среду для инноваций с набором базовых цифровых компонентов для создания и внедрения передовых технологичных решений в промышленной системе.

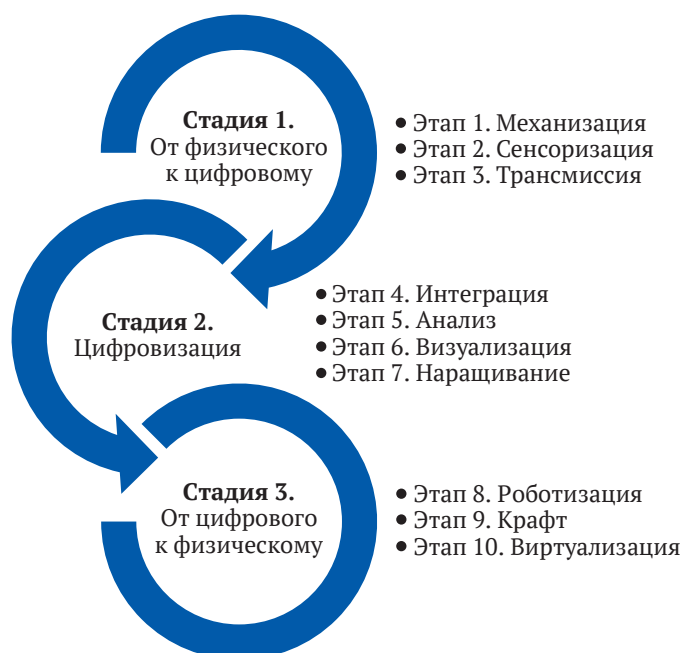


Рис. 4. Модель цифровой трансформации операций компании Deloitte

Fig. 4. Deloitte's Digital Operations Transformation



Рис. 5. Цифровая индустриальная платформа Zyfra Industrial IoT (ZIIoT) Platform [25]

Fig. 5. Zyfra Industrial IoT (ZIIoT) Platform [25]

Рассмотрим практические кейсы внедрения платформы ZIIoT на предприятиях «Газпром нефти», «Лукойла» и группы Новолипецкого металлургического комбината (НЛМК) – крупного международного производителя высококачественной стальной продукции.

Корпоративная цифровая платформа «Газпром нефти» позволяет [26]:

- осуществлять поддержку инновационных и организационных изменений в бизнес-процессах оперативного управления производством: проекты Центра управления производством (ЦУП), Центра управления эффективностью (ЦУЭ);
- реализовывать IaaS, PaaS, микросервисную архитектуру, встроенную среду разработки;
- развернуть корпоративный центр, Омский и Московский нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ), добычные объекты;
- импортозаместить Windows, Oracle, OSIssoft и др.;
- обеспечить информационную безопасность.

Единая цифровая платформа «Лукойла» является инструментом создания новых бизнес-приложений для автоматизации производства и цифровых инициатив. Она позволяет [26]:

- создавать микросервисную архитектуру, встроенную среду разработки, базы данных, автодокументирование разработки;

- развернуть AZURE, корпоративный центр, Пермский НПЗ;

- импортозаместить Windows, Oracle, OSIssoft и др.;

- осуществить программу перевода локальной информационной системы (ЛИС), корпоративной информационной системы (КИС) на единую цифровую платформу.

Единая цифровая платформа НЛМК позволяет [26]:

- осуществить перенос MES систем (80 систем) собственной разработки на Oracle на единую цифровую платформу;
- создать экосистемы партнеров по разработке и внедрению типовых MES систем для энергопроизводства Горно-обогатительных комбинатов (ГОК), аглодоменного производства, корпоративного центра (КЦ), сталелитейного производства, единой диспетчерской компании;
- развернуть единую цифровую платформу на Липецкой площадке НЛМК в технологическом, бизнес и корпоративном сегменте;
- использовать в единой цифровой платформе компонент только с открытым исходным кодом;
- снизить зависимость программного обеспечения от вендоров.

Ожидаемыми эффектами от применения платформы ZIIoT в конкретных промышленных системах должно стать следующие [25]: снижение

брака в производстве – 15 %, снижение незавершенного производства – 20 %, снижение потерь продуктов разделения воздуха – 1 %, снижение потребления закупаемого газа – 1,5 %, снижение потребления электроэнергии – 1 %, сокращение разрыва (потерь) между технологичным и товарным балансом – 1,5 %, повышение КПД смежных систем – 20 %, уменьшение влияния человеческого фактора на качество и объективность собираемой производственной информации – 80 %, уменьшение времени выявления утечки – 3–12 ч, снижение времени реагирования на чрезвычайные ситуации (ЧС) – 30–50 %, снижение ложных срабатываний – 20 %, сокращение FTE контроля загазованности – 90 % [25].

Цифровые двойники как дальнейшее развитие стратегии платформенной модели в бионических промышленных системах

Внедрение платформенной операционной модели в бионических промышленных системах – это хоть и самый важный этап, но лишь полпути к цифровым двойникам [27].

В 2021 г. Accenture [28] поместила цифровых двойников в Топ-5 стратегических технологических трендов. В технологиях, прародителями которой считаются симуляторы NASA со времен программы Apollo, сегодня прогнозируется небывалое развитие: 65 % опрошенных Accenture руководителей ведущих мировых бизнесов ожидают значительного роста инвестиций в создание цифровых двойников в ближайшие два-три года. Уже в прошлом году 18 % организаций заявили, что используют цифровые двойники в своих процессах, еще 24 % – тестируют технологию [25].

Объем мирового рынка цифровых двойников оценивался в 7,48 млрд долл. США в 2021 г., по прогнозам, будет расти со сложным годовым темпом роста (CAGR) – 39,1 % с 2022 по 2030 г. Остановки производства и нарушения цепочек поставок во время пандемии COVID-19 привели к приостановке ряда других видов деятельности в цепочке создания стоимости в таких отраслях, как аэрокосмическая, обрабатывающая и автомобильная промышленность. Это повлияло на рынок в первой половине пандемии в 2020 г. Однако по мере того, как число случаев заболевания COVID-19 стало сокращаться, а ограничения были сняты, рынок начал активно восстанавливаться, поскольку ряд отраслей стал переходить к автоматизации и виртуализации продукции, а также процессов [29].

Ожидается, что интеграция технологии цифрового двойника с такими технологиями, как Интернет вещей (*Internet of Things – IoT*), искус-

ственный интеллект (*Artificial Intelligence – AI*) и облачные вычисления, будет способствовать дальнейшему росту рынка. Промышленные системы внедряют технологии IoT и AI для сбора и анализа поведенческих данных с существующих устройств IoT и подключенных продуктов, которые впоследствии могут быть применены к модели цифрового двойника для воспроизведения работы и использования существующего устройства. Это помогает инженерам и дизайнерам наблюдать за работой продукта и выявлять любые проблемы, а также прогнозировать будущие итерации распространенных проблем. Внедрение этих технологий также помогает организациям повысить эффективность операций и производительность системы, тем самым увеличивая общую производительность продукта [29].

Концепция цифрового двойника на основе платформенного подхода пока только разрабатывается в России. В частности, цифровой двойник на основе платформы ZIIoT реализован для «Объединенной двигателестроительной корпорации». Он позволяет моделировать испытания двигателей в виртуальной среде, а это значит, что реальных испытаний требуется намного меньше [27].

Технология цифрового двойника трудно масштабируется и адаптируется под разные отрасли. Цифровые двойники специфичны для каждой индустрии и даже для каждого предприятия. Цифровая платформа для нефтегазовой промышленности и нефтепереработки – ZIIoT Oil&Gas – изначально создавалась с учетом отраслевых особенностей и на ее основе возможна реализация как цифровых двойников, так и целого комплекса прикладных решений для управления производством в нефтегазовой отрасли [27].

Концепция формирования платформенной операционной модели для повышения уровня цифровой зрелости промышленных систем

Рассмотренные авторами бионические промышленные системы как конвергенция технологий и человеческих возможностей на основе цифрового стратегирования, платформенная операционная модель в бионических промышленных системах, стратегии трансформации промышленных систем в бионические, практические кейсы внедрения платформы ZIIoT на предприятиях «Газпром нефти», «Лукойла» и НЛМКа, цифровые двойники как дальнейшее развитие стратегии платформенной модели в бионических промышленных системах позволили предложить концепцию формирования платформенной операционной модели для повышения уровня цифровой зрелости промышленных систем.

Концепция формирования такой модели базируется на разработке цельной взаимоувязанной теории, инструментария и практических приложений (стратегии, программ развития, методик, дорожных карт, структурных схем, проектов нормативных документов и др.) для реализации стратегического управления цифровым потенциалом сложных экономических систем на основе платформенной концепции в условиях цифровой трансформации экономики с применением многоуровневого матричного подхода и управления цифровым потенциалом экономических систем с учетом интеграции научно-технологического, образовательного, предпринимательского сектора экономики на основе цифрового стратегирования, разработки и внедрения цифровых стратегий, создания цифровой платформы. При этом социально-экономические показатели экономических систем, в том числе бионических промышленных систем, как критерии эффективности разработанной стратегии, должны базироваться на параметрах оценки цифровой зрелости. В статье предложен оригинальный подход к понятию бионических промышленных систем, методика оценки цифровой зрелости на основе индекса цифровой акселерации, стратегия формирования платформенной операционной модели бионических промышленных систем на основе модели цифровой трансформации операций.

Чтобы промышленной системе успешно внедрить цифровое стратегирование, завершить

цифровую трансформацию и стать бионической, повысить уровень своей цифровой зрелости до максимального, в платформенную операционную модель должны быть интегрированы следующие цифровые модели поведения [21]: содействие междисциплинарным и межсистемным рабочим процессам; одобрение стандартизации при сохранении конкурентных преимуществ; осуществление системных изменений в трудовых коллективах и формирование цифровой культуры; поддержание скорости между цифровыми и традиционными технологиями; получение импульса от экспериментов для обеспечения масштаба; взгляд на цифровую стратегию в долгосрочной перспективе. Около 30 % бионических организаций, достигших цифровой зрелости, имеют горизонт планирования в пять и более лет [30].

Заключение

Переход на цифровые технологии и платформенные операционные модели для некоторых организаций уже стал нормой, однако для отечественных промышленных систем целесообразно воспользоваться предложенной стратегией и концепцией формирования платформенной операционной модели для повышения уровня цифровой зрелости, особенно в современных условиях, в целях достижения экономических эффектов, в том числе с помощью цифровых платформенных решений и цифровых моделей поведения.

Список литературы

1. Цифровые стратегии лидеров горнодобывающей отрасли. Казахстан, Россия, Узбекистан. Дайджест по итогам горно-металлургического конгресса ZYFRA Asia. 2022. URL: https://www.zyfra.com/upload/media/default/0001/01/AMM_digest_compressed.pdf (дата обращения: 09.09.2022).
2. Итоги встречи «Ситуационный центр. Эффективное производство 4.0». ZYFRA. 17.03.2022. URL: <https://www.zyfra.com/ru/news/media/itogi-vstrechi-situatsionnyi-tsentr/> (дата обращения: 12.09.2022).
3. Спецпредставитель Президента РФ Дмитрий Песков: страны вернутся к модели глобализации через пять-семь лет, и это неизбежно. 17 июня 2022. URL: <https://www.bfm.ru/news/502473> (дата обращения: 12.09.2022).
4. Лавренко Е.В., Мечикова М.Н. Цифровая трансформация промышленности: российский и зарубежный опыт. *Вестник Сибирского института бизнеса и информационных технологий*. 2022;(11(1)):47–52. URL: <https://sano.elpub.ru/jour/article/view/304/285> (дата обращения: 12.09.2022).
5. Кобер П. Закрылся ли для российских компаний переход к Индустрии 4.0. Эксперт Урал. 06.07.2022. URL: <https://expert-ural.com/articles/zakriksya-li-dlya-rossiyskih-kompaniy-perehod-k-industrii-40.html> (дата обращения: 04.09.2022).
6. Бабкин А.В., Федоров А.А., Либман И.В., Клечек П.М. Индустрия 5.0: понятие, формирование и развитие. *Экономика промышленности*. 2021;14(4):375–395. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2021-4-375-395>
7. Etzkowitz H., Leydesdorff L. The triple helix-university-industry-government relations: A laboratory for knowledge based economic development. *EASST review*. 1995;14(1):14–19.
8. Carayannis E.G., Campbell D.F.J. 'Mode 3' and 'Quadruple Helix': toward a 21st century fractal innovation ecosystem. *International Journal of Technology Management*. 2009;46(3-4):201–234. <https://doi.org/10.1504/IJTM.2009.023374>
9. Peris-Ortiz M., Ferreira J., Farinha L., Fernandes N. Introduction to multiple helix ecosystems for sustainable competitiveness. In: *Multiple helix*

ecosystems for sustainable competitiveness. Springer, Cham; 2016:1–13. https://doi.org/10.1007/978-3-319-29677-7_1

10. На 5,6% выросло промышленное производство в ЕАЭС в январе-марте 2022 года. URL: <https://eec.eaeunion.org/news/na-5-6-vyroslo-promyshlennoe-proizvodstvo-v-eaes-v-yanvare-marte-2022-goda/> (дата обращения: 04.09.2022).

11. Бионика. Википедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Бионика> (дата обращения: 04.09.2022).

12. Квинт В.Л., Бодрунов С.Д. Стратегирование трансформации общества: знание, технологии, ноономика. СПб.: Ассоциация «Некоммерческое партнерство по содействию в проведении научных исследований «Институт нового индустриального развития им. С.Ю. Витте»; 2021. 351 с.

13. Квинт В.Л., Хворостяная А.С., Сасаев Н.И. Авангардные технологии в процессе стратегирования. *Экономика и управление*. 2021;26(11):1170–1179. <https://doi.org/10.35854/1998-1627-2020-11-1170-1179>

14. Квинт В.Л. Концепция стратегирования. СПб.: СЗИУ РАНХиГС; 2019. Т. 1. 132 с.

15. Квинт В.Л. Концепция стратегирования. СПб.: СЗИУ РАНХиГС; 2020. Т. 2. 164 с.

16. Digital maturity. BCG. URL: <https://www.bcg.com/capabilities/digital-technology-data/digital-maturity> (дата обращения: 04.09.2022).

17. Babkin A., Glukhov V., Shkarupeta E., Khari-tonova N., Barabaner H. Methodology for assessing industrial ecosystem maturity in the framework of digital technology implementation. *International Journal of Technology*. 2021;12(7);1397–1406. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v12i7.5390>

18. Бабкин А.В., Глухов В.В., Шкарупета Е.В. Методика оценки цифровой зрелости отраслевых промышленных экосистем. *Организатор производства*. 2022;30(3):7–20.

19. Шкарупета Е.В., Дударева О.В. Методика оценки уровня цифровой зрелости экономической системы. *ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия*. 2021;18(4):55–59.

20. Grebe M., Rüßmann M., Leyh M., Franke M.R., Anderson W. The leaders' path to digital value. 21 June 2021. URL: <https://www.bcg.com/publications/2021/digital-acceleration-index> (дата обращения: 04.09.2022).

21. Hutchinson R. (BCG). How bionic companies succeed. URL: <https://joaquimcardoso.blog/how-bionic-companies-succeed-bcg/> (дата обращения: 04.09.2022).

22. Бабкин А.В., Анисимова В.В. Особенности и виды цифровых платформ в экономике. В сб.: *Цифровая экономика, умные инновации и технологии. Труды Нац. (Всеросс.) науч.-практ. конф. с зарубежным участием. 18–20 апреля 2021 г.* СПб.: Политех-пресс; 2021:322–325.

23. Mittal A., Slaughter A., Bansal V. From bytes to barrels. The digital transformation in upstream oil and gas. 15 September, 2017. URL: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/oil-and-gas/digital-transformation-upstream-oil-and-gas.html> (дата обращения: 04.09.2022).

24. Slaughter A., Mittal A., Bansal V. The new frontier. Bringing the digital revolution to midstream oil and gas. 30 October 2018. URL: <https://www2.deloitte.com/xe/en/insights/industry/oil-and-gas/digital-transformation-midstream-oil-and-gas.html> (дата обращения: 04.09.2022).

25. Zyfra Industrial IoT platform. URL: <https://www.zyfra.com/ru/product/industrial-iot-platform/> (дата обращения: 04.09.2022).

26. Онлайн-митап Zyfra Industrial IoT platform 26.05.2021. URL: https://www.youtube.com/watch?v=iJc_T3xFHsA&t=2167s (дата обращения: 22.08.2022).

27. Цифровые двойники нефтегазового месторождения и актива: что они могут дать отрасли и что нужно, чтобы их создать. Блог компании Цифра. 28 июня 2022 г. URL: <https://habr.com/ru/company/zyfra/blog/673830/> (дата обращения: 04.09.2022).

28. Technology vision 2021. Leaders wanted. Experts at change at a moment of truth. Accenture. URL: https://www.accenture.com/us-en/insights/technology/_acnmedia/Thought-Leadership-Assets/PDF-3/Accenture-Tech-Vision-2021-Full-Report.pdf (дата обращения: 04.09.2022).

29. Отчет об анализе размера рынка, доли и тенденций цифровых двойников по конечному использованию (производство, сельское хозяйство), по решениям (компоненты, процессы, системы), по регионам (Северная Америка, Азиатско-Тихоокеанский регион) и прогнозы по сегментам на 2022–2030 годы. URL: <https://www.researchandmarkets.com/reports/5415584/digital-twin-market-size-share-and-trends> (дата обращения: 04.09.2022).

30. Kane G.C., Palmer D., Phillips A.N. Achieving digital maturity. Adapting your company to a changing world. 13 July 2017. URL: <https://sloanreview.mit.edu/projects/achieving-digital-maturity/> (дата обращения: 04.09.2022).

References

1. Digital strategies of mining industry leaders. Kazakhstan, Russia, Uzbekistan. Digest on the results of the mining and metallurgical congress ZYFRA Asia. 2022. (In Russ.). URL: https://www.zyfra.com/upload/media/default/0001/01/AMM_digest_compressed.pdf (accessed on 09.09.2022).

2. Results of the meeting “Situation Center. Efficient production 4.0”. ZYFRA. 17.03.2022.

(In Russ.). URL: <https://www.zyfra.com/ru/news/media/itogi-vstrechi-situatsionnyi-tsentr/> (accessed on 12.09.2022).

3. Special Representative of the President of the Russian Federation Dmitry Peskov: countries will return to the globalization model in five to seven years, and this is inevitable. 17.06.2022. (In Russ.). URL: <https://www.bfm.ru/news/502473> (accessed on 12.09.2022).

4. Lavrenko E.V., Mechikova M.N. Digital transformation of industry: Russian and foreign experience. *Herald of Siberian Institute of Business and Information Technologies*. 2022;11(1):47–52. (In Russ.). URL: <https://sano.elpub.ru/jour/article/view/304/285> (accessed on 12.09.2022).
5. Kober P. Has the transition to Industry 4.0 closed for Russian companies. *Ekspert Ural*. 06.07.2022. (In Russ.). URL: <https://expert-ural.com/articles/zakrilsya-li-dlya-rossiyskih-kompaniy-perehod-k-industrii-40.html> (accessed on 04.09.2022).
6. Babkin A.V., Fedorov A.A., Liberman I.V., Klachek P.M. Industry 5.0: concept, formation and development. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2021;14(4):375–395. (In Russ.). <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2021-4-375-395>
7. Etzkowitz H., Leydesdorff L. The triple helix-university-industry-government relations: A laboratory for knowledge based economic development. *EASST Review*. 1995;14(1):14–19.
8. Carayannis E.G., Campbell D.F.J. ‘Mode 3’ and ‘Quadruple Helix’: toward a 21st century fractal innovation ecosystem. *International Journal of Technology Management*. 2009;46(3-4):201–234. <https://doi.org/10.1504/IJTM.2009.023374>
9. Peris-Ortiz M., Ferreira J., Farinha L., Fernandes N. Introduction to multiple helix ecosystems for sustainable competitiveness. In: *Multiple helix ecosystems for sustainable competitiveness*. Springer, Cham; 2016:1–13. https://doi.org/10.1007/978-3-319-29677-7_1
10. Industrial production in the EAEU increased by 5.6% in January-March 2022. 18.05.2022. (In Russ.). URL: <https://eec.eaeunion.org/news/na-5-6-vyroslo-promyshlennoe-proizvodstvo-v-eaes-v-yanvare-marte-2022-goda/> (accessed on 04.09.2022).
11. Bionika. Wikipedia. (In Russ.). URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Bionika> (accessed on 04.09.2022).
12. Kvint V.L., Bodrunov S.D. Strategizing the transformation of society: knowledge, technology, and economics. St. Petersburg: Associaciya “Nekommercheskoe partnerstvo po sodejstviyu v provedenii nauchnyh issledovaniy “Institut novogo industrial’nogo razvitiya im. S.Yu. Vitte”; 2021. 351 p. (In Russ.)
13. Kvint V.L., Khvorostyanaya A.S., Sasaev N.I. Advanced technologies in strategizing. *Economics and Management*. 2021;26(11):1170–1179. (In Russ.). <https://doi.org/10.35854/1998-1627-2020-11-1170-1179>
14. Kvint V.L. The concept of strategizing. St. Petersburg: NWIM RANEPa; 2019. Vol. 1. 132 p. (In Russ.)
15. Kvint V.L. The concept of strategizing. St. Petersburg: NWIM RANEPa; 2020. Vol. 2. 164 p. (In Russ.)
16. Digital maturity. BCG. URL: <https://www.bcg.com/capabilities/digital-technology-data/digital-maturity> (accessed on 04.09.2022).
17. Babkin A., Glukhov V., Shkarupeta E., Kharitonova N., Barabaner H. Methodology for assessing industrial ecosystem maturity in the framework of digital technology implementation. *International Journal of Technology*. 2021;12(7):1397–1406. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v12i7.5390>
18. Babkin A.V., Gluhov V.V., Shkarupeta E.V. Methodology for assessing the digital maturity of industry-specific industrial ecosystems. *Organizer of Production*. 2022;(30(3)):7–20. (In Russ.)
19. Shkarupeta E.V., Dudareva O.V. Methodology for assessing the level of digital maturity of the economic system. *FES: Finance. Economy. Strategy*. 2021;18(4):55–59. (In Russ.)
20. Grebe M., Rüßmann M., Leyh M., Franke M.R., Anderson W. The leaders’ path to digital value. June 21, 2021. URL: <https://www.bcg.com/publications/2021/digital-acceleration-index> (accessed on 04.09.2022).
21. Hutchinson R. (BCG) How Bionic Companies Succeed. 2021. URL: <https://joaquimcardoso.blog/how-bionic-companies-succeed-bcg/> (accessed on 04.09.2022).
22. Babkin A.V., Anisimova V.V. Features and types of digital platforms in the economy. In: *Digital economy, smart innovations and technologies. Works of the Nat. (all-Russ.) research to pract. conf. with foreign participation*. April 18–20, 2021. St. Petersburg: Politekh-press; 2021:322–325. (In Russ.)
23. Mittal A., Slaughter A., Bansal V. From bytes to barrels. The digital transformation in upstream oil and gas. September 15, 2017. URL: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/oil-and-gas/digital-transformation-upstream-oil-and-gas.html> (accessed on 04.09.2022).
24. Slaughter A., Mittal A., Bansal V. The new frontier. Bringing the digital revolution to midstream oil and gas. October 30, 2018. URL: <https://www2.deloitte.com/xe/en/insights/industry/oil-and-gas/digital-transformation-midstream-oil-and-gas.html> (accessed on 04.09.2022).
25. Zyfra Industrial IoT Platform. URL: <https://www.zyfra.com/ru/product/industrial-iot-platform/> (accessed on 04.09.2022).
26. Onlajn-mitap Zyfra Industrial IoT Platform 26.05.2021. (In Russ.). URL: https://www.youtube.com/watch?v=iJc_T3xFHsA&t=2167s (accessed on 22.08.2022).
27. Digital twins of an oil and gas field and an asset: what they can give the industry and what is needed to create them. Digital company blog. June 28, 2022. (In Russ.). URL: <https://habr.com/ru/company/zyfra/blog/673830/> (accessed on 04.09.2022).
28. Technology vision 2021. Leaders wanted. Experts at change at a moment of truth. Accenture. URL: https://www.accenture.com/us-en/insights/technology/_acnmedia/Thought-Leadership-Assets/PDF-3/Accenture-Tech-Vision-2021-Full-Report.pdf (accessed on 04.09.2022).
29. Digital Twin Market Size, Share & Trends Analysis Report By End Use (Manufacturing, Agriculture), By Solution (Component, Process, System), By Region (North America, APAC), And Segment Forecasts, 2022–2030. URL: <https://www.researchandmarkets.com/reports/5415584/digital-twin-market-size-share-and-trends> (accessed on 04.09.2022).
30. Kane G.C., Palmer D., Phillips A.N. Achieving digital maturity. Adapting your company to a changing world. July 13, 2017. URL: <https://sloanreview.mit.edu/projects/achieving-digital-maturity/>

Информация об авторах

Квент Владимир Львович – академик, Иностран- ный член РАН, д-р экон. наук, профессор, Заслу- женный работник высшей школы Российской Фе- дерации, заведующий кафедрой экономической и финансовой стратегии Московской школы эконо- мики МГУ, руководитель Центра стратегических исследований Института математических иссле- дований сложных систем МГУ имени М.В. Ломо- носова, главный научный сотрудник Центрального экономико-математического Института РАН, на- учный руководитель факультета экономики и фи- нансов Северо-Западного института управления Российской академии народного хозяйства и госу- дарственной службы при Президенте Российской Федерации, заведующий кафедрой индустриальной стратегии НИТУ «МИСиС», Московский государ- ственный университет им. М.В. Ломоносова, 119991, Москва, Ленинские Горы, д. 1, Российская Федера- ция; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0629-7189>

Бабкин Александр Васильевич – д-р экон. наук, профессор, профессор Высшей инженерно-эконо- мической школы, научный руководитель лабора- тории «Цифровая экономика промышленности», Санкт-Петербургский политехнический универси- тет Петра Великого, 195251, Санкт-Петербург, ул. По- литехническая, д. 29, Российская Федерация; заве- дующий научно-исследовательской лабораторией Экономическая безопасность региона в условиях цифровой экономики, Псковский государственный университет, 180000, Псков, пл. Ленина, д. 2, Россий- ская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0941-6358>; e-mail: al-vas@mail.ru

Шкарупета Елена Витальевна – д-р экон. наук, профессор, профессор кафедры цифровой и отрасле- вой экономики, Воронежский государственный тех- нический университет, 394071, Воронеж, ул. 20-летия Октября, д. 84, Российская Федерация; старший на- учный сотрудник, Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 662972, Железногорск, Красноярский край, ул. Северная, д. 1, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3644-4239>; e-mail: 9056591561@mail.ru

Information about the authors

Vladimir L. Kvint – Academician, Foreign Member of the Russian Academy of Sciences, Dr.Sci. (Econ.), Professor, Honored Fellow of Higher School of the Russian Federation, Head of the Department of Economic and Financial Strategy of the Moscow School of Economics of the Lomonosov Moscow State University, Head of Center for Strategic Studies at Lomonosov Moscow State University' Institute of Mathematical Research of Complex Systems, Chief researcher of the Central Economic and Mathematical Institute of RAS, Scientific Director of the Faculty of Economics and Finance of the North-West Institute of Management of the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Head of the Department of Industrial Strategy of National University of Science and Technology "MISIS", Lomonosov Moscow State University, 1 Leninskiye Gory, Moscow 119991, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0629-7189>

Aleksandr V. Babkin – Dr.Sci. (Econ.), Professor, Professor of the Higher Engineering and Economic School, Scientific Director of the Laboratory "Digital Economics of Industry", Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29 Polytechnicheskaya Str., St. Petersburg 195251, Russian Federation; Head of the Research Laboratory Economic Security of the Region in Digital Economy, Pskov State University, 2 Lenin Sq., Pskov 180000, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0941-6358>; e-mail: al-vas@mail.ru

Elena V. Shkarupeta – Dr.Sci. (Econ.), Professor, Professor of the Department of the Digital and Industrial Economics, Voronezh State Technical University, 84 20-letiya Oktyabrya Str., Voronezh 394071, Russian Federation; Senior Researcher, Siberian Fire and Rescue Academy of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 1 Severnaya Str., Zheleznogorsk, Krasnoyarsk Territory 662972, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3644-4239>; e-mail: 9056591561@mail.ru

Поступила в редакцию 01.09.2022; поступила после доработки 12.09.2022; принята к публикации 16.09.2022

Received 01.09.2022; Revised 12.09.2022; Accepted 16.09.2022