

Научная статья

УДК 334

DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.15503>



СКВОЗНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА И УПРАВЛЕНИЯ: ЭФФЕКТЫ ОТРАСЛЕВОГО ПРИМЕНЕНИЯ И ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ СИНЕРГИИ

Г.Ю. Силкина¹, Н.С. Алексеева¹ , С.Ю. Шевченко² 

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

² Санкт-Петербургский государственный экономический университет,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

✉ natasha-alexeeva@yandex.ru

Аннотация. Основная идея Индустрии 4.0 — организация высокопроизводительной и эффективной хозяйственной деятельности, реализуется через масштабное распространение и практическое применение сквозных цифровых технологий. Это обосновывает актуальность настоящего исследования, цель которого — систематизация существующих научных заделов и передовых практик реализации сквозных цифровых технологий, формирование на этой основе обоснованного выбора техник управления. Методическую основу исследования сформировали нормативные документы, библиографический анализ, научные и специализированные публикации, статистические данные. Проведенные исследования доказывают: сквозные цифровые технологии кардинально меняют модели производства и организации взаимодействия хозяйствующих субъектов, вносят необратимую трансформацию в организацию современных производственных и бизнес-процессов, порождают новые бизнес-модели. Объектом исследования определена совокупность хозяйствующих субъектов, функционирующих в современной цифровой среде, предметом исследования выбраны отношения между участниками процесса. В результате исследования получены следующие научные результаты: систематизированы перспективы Индустрии 4.0, выделены наиболее актуальные блоки сквозных цифровых технологий, обоснован приоритет технологий управления и выбор инструментов управления современной технологической революцией, определены результаты и обозначены перспективы развития Индустрии 4.0 на основе сквозных цифровых технологий. Авторы обращают внимание на то, что переход к Индустрии 4.0 не является самоцелью, что часто ускользает от современных исследователей. В статье доказан приоритет технологий управления, определены инструментальные средства Индустрии 4.0, позволяющие объединять реальные производственные, транспортные, человеческие, инженерные и иные ресурсы в масштабируемые программно-управляемые виртуальные пулы ресурсов и предоставлять пользователю результаты их использования. Дальнейшее развитие исследований авторы видят в анализе современных технологических трендов, определении их потенциала в развитии бизнеса, формировании инструментария управления процессами развития, выявлением дополнительного синергетического эффекта, который может быть получен за счет конвергенции сквозных производственных технологий и технологий управления. Представленный материал может быть полезен как для научного, так и для бизнес-сообщества.

Ключевые слова: Индустрия 4.0, сквозные цифровые технологии, производственные технологии, технологии управления

Для цитирования: Силкина Г.Ю., Алексеева Н.С., Шевченко С.Ю. Сквозные технологии производства и управления: эффекты отраслевого применения и потенциальной синергии // П-Economy. 2022. Т. 15, № 5. С. 43–57. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.15503>



END-TO-END PRODUCTION AND MANAGEMENT TECHNOLOGIES: EFFECTS OF INDUSTRY APPLICATION AND POTENTIAL SYNERGY

G.Yu. Silkina¹, N.S. Alekseeva¹  , S.Yu. Shevchenko² 

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

² Saint-Petersburg State University of Economics,
St. Petersburg, Russian Federation

 natasha-alexeeva@yandex.ru

Abstract. The main idea of Industry 4.0 is the organization of high-performance and efficient economic activity implemented through the large-scale dissemination and practical application of end-to-end digital technologies. This justifies the relevance of this study, the purpose of which is to systematize the existing scientific foundations and best practices for the implementation of end-to-end digital technologies, the formation of a reasonable choice of management techniques on this basis. The methodological basis of the study was formed by normative documents, bibliographic analysis, scientific and specialized publications, statistical data. The conducted research proves: end-to-end digital technologies radically change the models of production and organization of interaction of economic entities, bring irreversible transformation into the organization of modern production and business processes, generate new business models. The object of the study is a set of economic entities functioning in the modern digital environment, the subject of the study is the relations between the participants of the process. As a result of the research, the following scientific results were obtained: the prospects of Industry 4.0 were systematized, the most relevant blocks of end-to-end digital technologies were identified, the priority of management technologies and the choice of management tools for the modern technological revolution were determined, the results and prospects for the development of Industry 4.0 based on end-to-end digital technologies were identified. The authors highlight that it often escapes modern researchers that the transition to Industry 4.0 is not an end in itself. The article proves the priority of management technologies, defines the tools of Industry 4.0 allowing to combine real production, transport, human, engineering and other resources into virtually unlimited scalable software-managed virtual resource pools and provide the user with the results of their use. The authors see further development of the study in the analysis of modern technological trends, determination of their potential in business development, formation of development process management tools, identification of an additional synergetic effect that can be obtained through the convergence of end-to-end production technologies and management technologies. The presented material can be useful for both the scientific and business community.

Keywords: Industry 4.0, end-to-end digital technologies, production technologies, management technologies

Citation: G.Yu. Silkina, N.S. Alekseeva, S.Yu. Shevchenko, End-to-end production and management technologies: effects of industry application and potential synergy, *IT-Economy*, 15 (5) (2022) 43–57. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.15503>



Введение

Мир стремительно выходит за пределы аналоговой реальности и эволюционирует в направлении цифровых решений. Наиболее явственно эта тенденция проявляется в формировании Индустрии 4.0, которая функционирует на протяжении последних 10 лет и предполагает автоматизированное цифровое производство, управляемое посредством информационных технологий при интерактивном взаимодействии с внешней средой [1–4]. Человеческому обществу еще предстоит во всей полноте осознать масштаб этой революции и оценить темпы ее развития. Исследователи солидарны в том, что становлением Индустрии 4.0 движут несколько драйверов технологического и бизнес-характера, среди которых особое место занимают сквозные цифровые технологии — высокопроизводительные, эффективные технологии, использующие наиболее совершенные технические средства и способы работы, которые применяются во всех сферах человеческой деятельности [5, 6]. Сквозные технологии, формирующие базис Индустрии 4.0, — это, в первую очередь, информационно-коммуникационные технологии в их современном, цифровом формате [7–10].

Россия пребывает в тренде мировых новаций. Национальная технологическая инициатива, имеющая статус долгосрочной программы формирования в стране новых перспективных рынков на базе высокотехнологичных решений, определяет сквозные технологии ключевыми направлениями научно-технического развития, способными оказать наибольшее влияние на трансформацию бизнес-процессов и бизнес-моделей российских компаний [9, 11]. Проведенные исследования показали, что акценты делаются на: технологии больших данных; системы распределенного реестра; технологии аддитивного производства; компоненты робототехники и сенсорику; нейротехнологии и искусственный интеллект; индустриальный Интернет вещей; квантовые технологии; технологии беспроводной связи; технологии дополненной и виртуальной реальности.

Значительная часть этих новаций уже востребована и успешно применяется на практике, доказывая свою эффективность в решении задач достижения технологического лидерства, но чаще всего локализованных. Результат, однако, может возрасти кратно, если эти технологические решения будут объединены в единую целостную систему. Именно таким видится дальнейшее развитие концепции Индустрии 4.0 и ее потенциала, соотнесенного с использованием цифровых технологий и действенного в организации структур сетевого партнерства, освоении инновационных моделей бизнеса на уровне основного экономического звена [12–14]. Поскольку концепция Индустрии 4.0 является достаточно сложной, она реализуется в несколько этапов, начальные из которых, цифровизация — перевод процессов в цифровой формат, и цифровая трансформация — следующий уровень изменений, где переведенные в цифровой формат данные и процессы можно использовать для упрощения и оптимизации операций, бизнес-процессов, бизнес-моделей [15–19] уже пройдены. Дальнейшие перспективы соотносятся с Индустрией 5.0, концепция которой вступает в силу на параллельно-последовательной с Индустрией 4.0 основе и выводит на уровень интеллектуальной трансформации [20–21].

Переход к Индустрии 4.0 и далее к Индустрии 5.0 — не самоцель, с ним связываются ожидания более полного извлечения полезности из ограниченных по объему ресурсов производства, сокращения стоимости конечной продукции, предложения новых видов услуг, — и все это в более короткие сроки выхода на рынок [22, 23]. Реально оцениваемые и потенциальные преимущества позволяют видеть природу эффектов в следующем:

- интеллектуальная автоматизация на основе цифровых технологий — открывает необходимый простор для перехода от массового и серийного производства к единичному, кастомизированному, благодаря тому что перепрограммирование и запуск технологических процессов будут осуществляться в режиме реального времени;
- интеллектуальное планирование производства — синхронизирует в процессе планирования производство и поставки ресурсов, в оперативном порядке обеспечивает ритмичность согласо-

ванием режимов запуска с потоком заказов; как результат — снижает затраты на производство и сокращает длительность производственного цикла;

— интеллектуальная организация производства, или «производство с высоким разрешением» — осуществляет превентивный контроль за работой машин и оборудования, прогнозирует сроки вероятного отказа и предоставляет рекомендации по оптимальным срокам проведения планово-предупредительных ремонтных работ (предиктивная аналитика), что повышает эффективность использования производственных активов и снижает затраты на техническое обслуживание;

— интеллектуальное управление производственным процессом — выявляет потенциальные проблемы и регулирует отклонения процесса производства от норм технологической подготовки на основе автоматизированного контроля параметров процесса и параметров продукции, чем предупреждает появление брака, сокращает длительность технологического цикла, снижает затраты на производство [24–26].

Для России в настоящее время наиболее актуальным является ускоренное освоение принципов новой технологической революции, что требует соответствующей научно-методической поддержки. Однако приходится констатировать, что теоретические основы и практические аспекты Индустрии 4.0 исследованы недостаточно полно. Неоднозначность видения перспектив и инструментов внедрения Индустрии 4.0 с последующим переходом к Индустрии 5.0 определяет актуальность и обосновывает постановку настоящего исследования, **цель** которого — систематизация существующих научных заделов и передовых практик реализации сквозных цифровых технологий, формирование на этой основе концептуального подхода к выбору комплементарных, с точностью до ожидаемых эффектов, техник управления. **Задачи** исследования соотнесены с целью: выполнить обзор литературы на основе определения и видения перспектив Индустрии 4.0; выделить наиболее актуальные блоки сквозных цифровых технологий; обосновать приоритет технологий управления, выбор инструментов управления современной технологической революцией; определить результаты и обозначить перспективы развития Индустрии 4.0 на основе сквозных цифровых технологий.

Объектом исследования определена совокупность сквозных технологий производства и управления, осваиваемых компаниями — лидерами цифровой трансформации; **предметом** исследования выбраны комплементарные аспекты формирования эффектов применения сквозных технологий производства и управления.

Материалы и методы. Методическую основу исследования сформировали нормативные документы, библиографический анализ, обобщения инновационных производственных и управленческих практик, применяемых в современных экономических реалиях движения к всеобщей цифровизации. В качестве материалов исследования использованы общеэкономические и предметно-тематические публикации, статистические данные. Дополнительную эмпирическую базу составили информационно-справочные и аналитические материалы консалтинговых компаний, материалы международных и национальных научно-практических конференций, результаты изучения опыта российских и зарубежных компаний с учетом прогнозных оценок глобальных трендов развития сквозных цифровых технологий.

Результаты и обсуждение

Общая характеристика сквозных цифровых технологий

Наиболее актуальные задачи общего характера, для решения которых компании сегодня внедряют цифровые технологии:

- повышение операционной эффективности;
- повышение безопасности производства, стабильности и непрерывности, уменьшение рисков останова;
- исключение из производства ручных, автоматизация рутинных операций;
- новый уровень взаимодействия с контрагентами;



- использование дополненной и виртуальной реальности, робототехники для сложных, опасных и высоконагруженных процессов;
- построение компании, управляемой на основе данных;
- соответствие принципам ответственного ведения бизнеса;
- организация производства, работающего без участия человека.

Термином «сквозные» обобщаются цифровые технологии, охватывающие несколько трендов или отраслей, при этом каждая как класс имеет в своем составе целый спектр субтехнологий [27–29].

Многие ученые и инженеры, непосредственно задействованные в реализации идей Индустрии 4.0, занимают технократическую позицию. Они представляют себе технологическую революцию как сумму новых, но на сегодня уже достаточно освоенных технологий. Однако конечные результаты зависят не от суммы, а от комплементарности технологических решений, т.е. применения взаимоподдерживающих технологий с общей стратегической направленностью на достижение целевых установок функционирования и развития при действующей системе ограничений. Иными словами, речь идет о формировании новой концептуальной идеи, предполагающей смену приоритетов — отказ от технократического подхода к принятию решений в пользу комплементарности — подхода, при котором сквозные производственные технологии должны состоять в единстве со сквозными управленческими технологиями.

Сквозные производственные технологии

На пике внедрения информационных технологий у крупных производственных компаний находят аддитивное производство, промышленные роботы, искусственный интеллект, машинное обучение, цифровое прототипирование.

Одной из наиболее востребованных в производстве является технология аддитивного производства (АП), история развития которого насчитывает уже более 40 лет. Однако возможность заменить ответственные детали, на детали, выполненные аддитивными методами, появилась сравнительно недавно [30, 31]. Технология предусматривает изготовление деталей по компьютерному файлу, в некотором смысле — аналогу эскизного чертежа. Содержащий 3D-модель, файл направляется в АП-систему для послойного «физического выращивания» изделия. Трудоемкое в изготовлении, с тонкой конфигурацией, требующей высокоточной механической обработки, такое изделие легко получается селективным нанесением материала.

АП-технологии придают производству необходимую маневренность, а вместе с этим обеспечивают гибкость производственных программ. Они позволяют осуществлять быструю переналадку производства, выпускать разнообразную, технически сложную кастомизированную продукцию и отдельные ее конструктивные части, что было бы невозможно при использовании традиционных производственных технологий. Дополнительный эффект возникает при работе с заказами, которые поступают в малых объемах.

Существенным достоинством цифровых моделей является возможность их моментальной передачи по каналам связи практически в любую точку мира, что позволяет организовать локальное производство в мировых масштабах. По данным исследования European Aeronautic Defense and Space Company (Бристоль, Великобритания) и EOS Innovation Center (Уорвик, Великобритания), экономия сырья может достигать 75%. Благодаря своим сравнительным преимуществам перед традиционными производственными технологиями, АП обладает значительным потенциалом в сокращении затрат, энергосбережении, снижении экологически вредных отходов. Уникальные свойства АП обеспечивают [30]:

- сокращение сроков и стоимости проекта постановки продукции на производство ввиду отсутствия необходимости в подготовке специализированной инструментальной оснастки;
- открытость проекта для внесения изменений на этапах освоения и развертывания производства;

- условия для оптимизации функциональности продукции и индивидуализации дизайна;
- сокращение потерь и отходов производства;
- упрощение логистики снабжения, сокращение объемов и затрат на содержание производственных запасов и др.

Сквозной характер аддитивных технологий проявляется в многообразии сфер их востребования. Наиболее масштабным оценивается спрос на АП-процессы в связи с предоставляемой ими возможностью ускоренного и качественного прототипирования. Определенную часть приложений технологии АП прочно сохраняет за собой производство инструментальной оснастки, в частности пресс-форм, деталей и запасных частей для авиационно-космической промышленности, автомобилестроения, электроники и других высокотехнологичных отраслей экономики.

Авиационно-космическая промышленность была одной из первых, где зарождались технологии аддитивного производства. В аддитивных технологических решениях она находит возможность преодолеть множество ограничений на трансферном пути движения от проекта к производству, реализовать в проекте эффективные разработки, улучшающие технико-экономические параметры деталей и конструкций в целом. Учитывая, что по своей природе занятый отраслью рынок требует организации мелкосерийного производства высокоточных деталей, замена инструментальной оснастки, предлагаемая АП-технологиями, приносит значительные эффекты.

Ввиду относительно высокой стоимости и малой производительности технологий АП их применение в автомобилестроении осуществляется применительно к уникальным изделиям для автоспорта. Требования к качеству транспортных средств при массовых объемах производства обуславливают использование АП-технологий преимущественно при изготовлении прототипов и инструментальной оснастки, что позволяет сократить цикл разработки и производства.

Аддитивное производство — весьма подходящее решение для атомной промышленности. Упрощенный подход помогает удовлетворять спрос отрасли на широкий ассортимент мелкосерийных, но критически важных компонентов оборудования, используемого на станциях.

Сами аддитивные технологии также непрерывно развиваются; в то время как промышленность открывает новые приложения, новые материалы и новые 3D-принтеры, продвигаются идеи 4D- и 5D-печати. Технологии 4D-печати к трем пространственным координатам добавляют четвертую — время, и это означает, что напечатанные в трехмерном измерении изделия в будущем смогут специальным образом изменяться под влиянием внешних факторов. Еще более изобретательными по уровню и продвинутыми в пользовании предстают технологии 5D-печати. Они выращивают объект на платформе, способной раскачиваться по двум осям и именно благодаря появлению двух дополнительных осей на 3D-принтере создают возможность для изготовления объектов с абсолютно новой внутренней структурой. Технология 5D-печати уже показывает высокую коммерческую эффективность; она является истинно сквозной, поскольку может найти применение в совершенно разных отраслях.

Другой достаточно развитой производственной технологией является робототехника, включающая промышленные сервисные, коллаборативные роботы [32]. Практически промышленный робот — то, что находится в производственном цеху, в первую очередь, всевозможные манипуляторы. В более точной формулировке промышленный робот — это автоматически управляемый, перепрограммируемый, многоцелевой манипулятор, программируемый по трем и более осям. Он создается для решения задач автоматизации производства и работает в двух вариантах: либо в режиме привязки к определенному месту, либо в движении. Уже в настоящее время роботы экспоненциально включаются в промышленную среду, принося с собой невероятную точность, производительность и гибкость. Кроме того, разработчики видят перспективы совместного использования автоматических роботизированных систем и человеческих ресурсов. Основными тенденциями развития промышленных роботов являются внедрение машинного зрения, искусственного интеллекта, создание сервисных роботов и коллаборативных роботов (коботов). Сер-



висный робот выводится за рамки решения промышленных задач по автоматизации как выполняющий полезную работу для людей и оборудования. Совершенно новое направление в развитии промышленной робототехники открывает коллаборативный робот — это робот, сконструированный для непосредственного взаимодействия с человеком в рамках определенного совместного рабочего пространства.

Технологии управления

Драйверы Индустрии 4.0 не сводятся исключительно к производственным технологиям. Технологический фактор, признаваемый менеджментом на протяжении многих лет наиболее влиятельным на изменение компаний, проявляет себя и в технологиях управления. В отличие от предыдущих промышленных революций именно стек цифровых технологий автоматизации производства и технологий управления определяет переход к новому технологическому укладу.

Подход, основанный на комплементарности, взаимной поддержке технологических новаций, позволяет реализовать в виртуальном пространстве сколь угодно сложные сквозные бизнес-процессы с целевой настройкой (сквозной инжиниринг): осуществлять в автоматическом режиме оптимизационное управление различными видами ресурсов через всю цепочку создания потребительской ценности — от разработки идеи, дизайна, проектирования до производства, поставки, эксплуатации и утилизации. Среди сквозных цифровых технологий управления наиболее востребованными бизнесом, являются: индустриальный Интернет вещей (IIoT), системы распределенного реестра (блокчейн), технологии беспроводной связи, квантовые вычисления.

IIoT как управленческая новация, базирующаяся на принципах цифровой экономики, влечет за собой организационную трансформацию производства. Она реализуется через систему компьютерных сетей и подключенных к ним производственных объектов с возможностью удаленного контроля и регулирования процессов в автоматизированном режиме. Этим она позволяет объединять имеющиеся в наличии материально-вещественные и нематериальные ресурсы в неограниченно масштабируемые программно-управляемые виртуальные пулы и предоставлять пользователю не сами объекты, а их полезные функции — полезность, извлекаемую при осуществлении сквозных производственных и бизнес-процессов. Традиционная бизнес-модель, построенная на отраслевой дифференциации производства, трансформируется в направлении создания интегрированного аппаратно-программного сервисного бизнеса, реализующего модель совместного использования ресурсов.

Текущий этап применения технологии характеризуется развитием смарт-платформ, которые обслуживают цепочки создания потребительской ценности (добавленной стоимости), а, по существу, через платформенные решения обеспечивают вертикальную и горизонтальную интеграцию бизнес-структур, формирование отраслевых и межотраслевых комплексов, поддерживают организационно процессы кооперирования. Причем последние активно выходят за рамки производства, на практике получает распространение модель полного жизненного цикла товара как сквозного процесса от заказа, проектирования и производства до реализации конечной продукции, ее послепродажного — гарантийного и послегарантийного обслуживания.

Кардинально меняется техническое обеспечение, а вместе с ним и организация самого производственного процесса. Лидеры технологической революции уже сейчас имеют отцифрованное, роботизированное оборудование, подключенное к Интернету, оснащенное датчиками и информационными системами. Экосистему IIoT формируют производители датчиков и других устройств, разработчики прикладного программного обеспечения и платформ, системные интеграторы, операторы связи и заказчики решений (пользователи). Главным трендом развития индустриального Интернета вещей становится массовость применения его технологий.

В качестве факторов, способствующих прогрессу в использовании IIoT, аналитики называют сети, которые эволюционируют в направлении 5G, а также простые в эксплуатации платформы для обеспечения доступа к IIoT-данным в потоковой форме. Сети сотовой связи нового поколения

ния должны привести в межсетевое взаимодействие в рамках IIoT самые высокие скорости передачи данных с минимальной задержкой. Инновационное применение 5G включает следующие области [33]:

- создание на основе 5G частных виртуальных сетей компаний, ориентирующих свой бизнес на совместное производство;
- широкомасштабное распространение новых технологий 5G в интеллектуальных сетях энергоснабжения;
- активная апробация технических решений и внедрение синергетических транспортных систем (типа «машина-дорога») на базе 5G;
- создание приложений, демонстрирующих возможности технологии 5G в сфере «умного образования» модели Университета 4.0;
- организационно-технологическое проектирование и тиражирование системы «умный порт» на основе 5G.

На протяжении последних двух лет речь ведется о сетях 6G. Драйвером идеи явилась компания Samsung Electronics, 14 июля 2020 года она опубликовала доклад «Технология гиперсвязи следующего поколения для всех» с видением системы связи шестого поколения 6G. Проектный документ прогнозирует технические и социальные тенденции, на концептуальном уровне определяет новые сервисные предложения, формирует требования к разработке технологий, обосновывает ожидаемые сроки стандартизации сетей. Авторы идеи полагают, что при успешной разработке стандарта 6G переход к коммерциализации проекта может состояться уже в 2028 году, а массовый коммерческий запуск придется на 2030 год. Основными пользователями 6G станут и люди, и машины, которым будут предоставлены такие сервисы, как иммерсивная дополненная реальность, высококачественные мобильные голограммы и цифровая репликация.

Одной из технологий, оказывающих революционное воздействие на бизнес, является блокчейн-технология как «не требующий доверия» механизм верификации всех транзакций. Блокчейн осваивают крупнейшие корпорации и государства; именно ему прочат роль драйвера очередной технологической революции [34–36]. Блокчейн-технологии позволяют в корне изменить систему и модели управления за счет жесткого распределения между человеком и машиной функций принятия решений и функций их исполнения соответственно. Появляется новая форма контроля исполнения — это техническое решение для понятия «доверие». Эффект абсолютно надежной записи транзакций между двумя и более сторонами, обеспечиваемый блокчейном, нарастается множеством уполномоченных (зачастую конкурирующих и потому не идущих на сговор) субъектов, — этим открывается широкая перспектива для установления и поддержания с его помощью сложных деловых взаимоотношений.

Блокчейн создает новые возможности по поиску, организации, оценке и передаче любых дискретных единиц. В сущности своей, это новая организационная парадигма для координации любого вида человеческой деятельности. По аналогии с протоколами TCP/IP, которые обеспечивают базовую поддержку корпоративных сетевых коммуникаций, распределенные реестры могут в конечном итоге стать неотъемлемой, хотя и невидимой, основой транзакционных операций, позволяя инновационным лидерам отраслей производства расширять свои портфели заказов и формировать новые потоки создания потребительской ценности, а новичкам — строить собственные, новые бизнес-модели, которые в корне меняют генерацию стоимости всех видов физических и цифровых активов и оптимизируют бизнес-процессы в цепях взаимодействия с партнерами [37].

Управленческие перспективы от внедрения технологии включают формирование стратегий, оптимизацию финансового управления, безопасность бизнеса.

Заделы, полученные при подготовке к блокчейну, могут работать в поддержку внедрения других сквозных цифровых технологий, в том числе, квантовых вычислений. Мнения большинства



специалистов сходятся в том, что квантовые компьютеры — это шанс справиться с информационными вызовами XXI века. В марте 2021 г. появилась информация об использовании квантовых технологий для решения бизнес-задач компаниями топливно-энергетического комплекса. Практическим применением таких разработок становится прогнозирование объемов потреблений электроэнергии.

По оценке профессиональных экспертов, квантовые вычисления помогают предприятиям развивать новые технологии и экологические проекты. В качестве примера приводится опыт сотрудничества Exxon Mobil с IBM, в рамках которого аналитики-технологи осуществляют вариантную проработку проектов повышения экологичности нефтедобывающей компании, включая оптимизацию энергосистемы и разработку новых материалов для улавливания углерода. В будущем ожидается, что квантовые вычисления помогут оптимизировать процессы управления персоналом и даже принимать инвестиционные решения.

Обобщенно результаты проведенного исследования приведены в таблице.

Таблица 1. Бизнес-потенциал сквозных цифровых технологий Индустрии 4.0
Table 1. Business potential of Industry 4.0 end-to-end digital technologies

Драйверы Индустрии 4.0	Сквозные цифровые технологии и субтехнологии	Эффекты применения
Производственные технологии	Аддитивное производство. Робототехника и сенсорика, субтехнологии: технологии сенсорики и распознавания, манипуляций, движения, взаимодействия с окружающей средой и навигации; технологии взаимодействие робота с человеком. Дополненная реальность, субтехнологии: технологии моделирования объектов. Виртуальная реальность, субтехнологии: трекинг-устройства, датчики и сенсоры; устройства точечного ввода; графические устройства; контактные устройства; устройства для передачи вкуса и запаха	- оптимизация бизнес-процессов, - экономия затрат; - автоматизация процесса мониторинга работы оборудования и управления его жизненным циклом; - повышение безопасности производства, - обеспечение стабильности и непрерывности; - снижение рисков, опасных и высоконагруженных процессов; - создание интеллектуального производства, работающего без участия человека
Технологии управления	Индустриальный Интернет вещей, субтехнологии: технологии идентификации устройств; машинная сенсорика; межмашинные коммуникации; вычисления на устройствах; умные и встроенные устройства; семантика для устройств; индустриальные большие данные. Искусственный интеллект. Технологии беспроводной связи, субтехнологии: сети связи пятого поколения; радиочастотная идентификация; коммуникация ближнего поля; технологии и устройства передачи данных, получающих энергию из среды; когнитивное радио; локация при помощи активной инфраструктуры; передача данных с помощью света; лазерная передача информации. Технологии распределенного реестра, субтехнологии: одноранговые сети и их производные; технологии обеспечения консенсуса и защиты сети; цепочки блоков транзакций; криптография; умные контракты	- новый уровень взаимодействия с контрагентами; - построение компании, управляемой на основе данных; - создание цифровой модели предприятия; - передача контроллинговых функций управления и принятия управленческих решений интеллектуальным системам; - виртуализация производственных функций и переход к моделям шеринговой экономики; - соответствие принципам ответственного ведения бизнеса

Проведенное исследование позволяет сделать вывод о том, что сквозные цифровые технологии производства и управления, рассматриваемые с позиции оценки эффектов применения, выводят на разработку инновационных решений на уровне бизнес-процессов компаний, в первую очередь, основных и управленческих. Их совокупность как комплексное решение с эффектом синергии должна быть оформлена организационно-технологической (стратегической) картой, которая будет использоваться в управлении в качестве инструмента, ориентированного на осуществление целевой бизнес-модели. Бизнес-модель, в свою очередь, может быть сопряжена с реализацией актуальной на сегодня и перспективной в достижении общественно-экономического прогресса концепцией устойчивого развития бизнеса ESG. При таком содержательном варианте концептуального подхода в обосновании комплексного решения должны быть предусмотрены оценкой экономические, социальные и экологические эффекты. Принимаемые за основу системы ключевых показателей эффективности они должны отражать отраслевую специфику применения сквозных цифровых технологий производства и управления. Как вариант, концептуальный подход может быть ориентирован содержательно на реализацию общеэкономических концепций создания потребительской ценности (добавленной стоимости), полного жизненного цикла товара и др.

Заключение

Современный этап экономического развития связывают с высокотехнологичной прожженностью. Ядром новой индустриализации выступают цифровые технологии, на что также указано в работах зарубежных и отечественных авторов [3, 5, 7, 9, 10, 14, 15]. Идея о том, что переход к Индустрии 4.0 и далее к Индустрии 5.0 не является самоцелью, часто ускользает от современных исследователей [22, 23], что в определенной степени восполняет представленное исследование. Проведением его получены следующие научные результаты:

- систематизированы перспективы Индустрии 4.0;
- выделены наиболее актуальные блоки сквозных цифровых технологий;
- обоснован приоритет технологий управления, выбор инструментов управления современной технологической революцией;
- определена логика формирования эффектов применения и потенциальной синергии сквозных цифровых технологий производства и управления при осуществлении комплексных цифровых решений;
- оценены результаты и обозначены перспективы развития Индустрии 4.0 на основе сквозных цифровых технологий.

Направления дальнейших исследований заключаются в выявлении дополнительного синергетического эффекта, который может быть получен за счет конвергенции сквозных цифровых производственных технологий и технологий управления на этапе их принципиальной проработки, а также адаптации к отраслевой специфике и специфике отдельных бизнес-структур. Настоящее исследование носит поисковый характер, продолжением которого за рамками поставленных задач можно рассматривать: обоснование принципов модульного проектирования комплексных цифровых решений на базе сквозных производственных и управленческих технологий; формирование механизмов гибкости и адаптивности отраслевых и межотраслевых комплексов; создание потенциала преактивного реагирования с выходом на построение инфраструктуры сквозных технологий и др. [38, 39].

Научный прецедент, созданный исследованием поискового характера, открывает перспективу для развития прикладных исследований, объединенных, в том числе, идеей преемственности концепции Индустрии 5.0 к концепции Индустрии 4.0.



СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. **Шваб К.** Четвертая промышленная революция: перевод с английского. М.: Издательство «Э», 2017. — 208 с.
2. **Росс А.** Индустрии будущего: Пер. с англ. П. Миронова. — М. Изд-во АСТ, 2017. — 287 с.
3. Новая технологическая революция: вызовы и возможности для России. Экспертно-аналитический доклад / Под науч. руководством В.Н. Нягинина — М.: Центр Стратегических разработок, 2017. — 136 с.
4. **Aiman M. et al.** 2016. Industry 4.0 : A review on industrial automation and robotic. Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering), 78, pp. 137–143.
5. **Babkin I., Alekseeva N., Barabaner H., Antoshkova N.** Forecasting Digital Economy Development Trends Based on Scientometric Data Monitoring. In: Beskopylny, A. and Shamtsyan, M. (eds.) XIV International Scientific Conference “Interagromash 2021”. pp. 771–779. Springer International Publishing, Cham (2022). https://doi.org/10.1007/978-3-030-81619-3_86
6. **Щербаков В.В., Силкина Г.Ю., Шевченко С.Ю.** От бизнес-модели к бизнес-процессам: методология постановки менеджмента в цифровой среде // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. 2021. № 2. С. 29–34.
7. **Силкина Г.Ю., Кутузов А.Л., Шевченко С.Ю.** Информационный базис Индустрии 4.0. // Наука и бизнес: пути развития. 2021. № 12 (126). С. 222–224.
8. **Шваб К.** Технологии Четвертой промышленной революции: перевод с английского. М.: Эксмо, 2018. — 320 с.
9. Атлас технологий будущего / А.В. Соколова, Н.С. Микова, Е.В. Гутарик и др.; под ред. Л.М. Гохберга; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». — М.: Издательская группа «Точка», Изд-во «Альпина Паблишер», 2017. — 192 с.
10. **Idoia Berges, Víctor Julio Ramírez-Durán, Arantza Illarramendi.** 2021. A Semantic Approach for Big Data Exploration in Industry 4.0. Big Data Research 25, (July 2021), 100222. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bdr.2021.100222>
11. **Николаев М.А., Махотаева М.Ю., Гусарова В.Н.** Анализ влияния процессов цифровизации на экономическое развитие регионов // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2020. Т. 13. № 4. С. 46–56.
12. **Didenko N., Skripnuk D., Kikkas K., Kalinina O., Kosinski E.** The Impact of Digital Transformation on the Micrologistic System, and the Open Innovation in Logistics. Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity. 7, 115 (2021). <https://doi.org/10.3390/joitmc7020115>
13. **Dubolazov V., Simakova Z., Leicht O., Shchelkonogov A.** The Impact of Digitalization on a Production Structures and Management in Industrial Enterprises and Complexes. In: Schaumburg, H., Korabiev, V., and Ungvari, L. (eds.) Technological Transformation: A New Role For Human, Machines And Management. pp. 39–47. Springer International Publishing, Cham (2021). https://doi.org/10.1007/978-3-030-64430-7_4
14. **Silkina G.Y., Shevchenko S., Sharapaev P.** Digital Innovation In Process Management. Academy of Strategic Management Journal. 20, 1–25 (2021).
15. **Yueze Zhang, Caixia Zhang, Jun Yan, Congbin Yang, Zhifeng Liu.** 2022. Rapid construction method of equipment model for discrete manufacturing digital twin workshop system. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing 75, (June 2022), 102309. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2021.102309>
16. Digital Maturity Assessment Survey. URL: <https://www.bcg.com/capabilities/digital-technology-data/digital-maturity> (дата обращения: 05.09.2022)
17. **Slaughter A., Mittal A., Bansal V.** The new frontier. Bringing the digital revolution to midstream oil and gas. 2018. URL: <https://www2.deloitte.com/xe/en/insights/industry/oil-and-gas/digital-transformation-midstream-oil-and-gas.html> (дата обращения: 05.09.2022)
18. 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: 05.09.2022)
19. **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. Т. 12. № 7. С. 1397–1406.

20. **Бабкин А.В., Федоров А.А., Либерман И.В., Клачек П.М.** Индустрия 5.0: понятие, формирование и развитие // Экономика промышленности. – 2021. – Т. 14. – №. 4. – С. 375–395.
21. **Бабкин А.В., Шкарупета Е.В., Плотников В.А.** Интеллектуальная киберсоциальная экосистема Индустрии 5.0: понятие, сущность, модель // Экономическое возрождение России. – 2021. – №. 4. – С. 39–62.
22. **Lydia Habib, Marie-Pierre Pacaux-Lemoine, Quentin Berdal, Damien Trentesaux.** 2021. From Human-Human to Human-Machine Cooperation in Manufacturing 4.0. Processes 9, 11 (October 2021), 1910. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr9111910>
23. **Michal Zoubek, Peter Poor, Tomas Broum, Josef Basl, Michal Simon.** 2021. Industry 4.0 Maturity Model Assessing Environmental Attributes of Manufacturing Company. Applied Sciences 11, 11 (June 2021), 5151. DOI: <https://doi.org/10.3390/app11115151>
24. **Зайченко И.М., Козлов А.В., Шитова Е.С.** Драйверы цифровой трансформации бизнеса: понятие, виды, ключевые стейкхолдеры // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2020. Т. 13. № 5. С. 38–49.
25. **Бабкин А.В., Ташенова Л.В.** Этапы оценки цифрового потенциала инновационно-активного промышленного кластера арктической зоны России // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2020. Т. 13. № 5. С. 65–81.
26. **Бабкин А.В., Алексеева Н.С.** Исследование тенденций развития цифровой экономики на основе анализа публикационной активности // В сборнике: Цифровая экономика и Индустрия 4.0: тенденции 2025. Сборник трудов научно-практической конференции с международным участием. Под редакцией А.В. Бабкина. 2019. С. 63–68.
27. Сквозные технологии цифровой экономики – URL: <https://www.tadviser.ru/a/447112> (дата обращения: 05.09.2022).
28. **Осоченко Е.А.** Атлас сквозных технологий цифровой экономики России: проект-сигнал: [доклад]. М.: Проектный офис «Цифровая экономика РФ ГК Росатом», 2019. – 372 с.
29. Цифровые технологии в российской экономике / Под ред. Л.М. Гохберга. М.: НИЦ ВШЭ, 2021. – 116 с.
30. Эволюция технологий аддитивного производства – URL: <https://www.tadviser.ru/a/399512> (дата обращения: 05.09.2022).
31. **Прохоров А., Лысачев М.** Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт. М.: ООО «АльянсПринт», 2020. 401 с.
32. Аналитический обзор мирового рынка робототехники – URL https://www.tadviser.ru/images/b/bf/Sberbank_robotics_review_2019_17.07.2019_m.pdf (дата обращения: 05.09.2022).
33. Г. Пятое поколение мобильной связи – URL <https://www.tadviser.ru/a/270048>
34. Блокчейн <https://www.tadviser.ru/a/298820> (дата обращения: 05.09.2022).
35. **Генкин А., Михеев А.** Блокчейн: Как это работает и что ждет нас завтра. М.: Альпина Паблишер, 2018. – 592 с.
36. **Могайар У.** Блокчейн для бизнеса; предисл. Виталика Бутерина: Пер. с англ. Д. Шалаевой. – М.: Издательство «Эксмо», 2018. – 224 с.
37. Квантовый компьютер и квантовая связь – URL <https://www.tadviser.ru/a/128111> (дата обращения: 05.09.2022).
38. **Бабкин А.В., Шкарупета Е.В., Плотников В.А.** Управление кроссотраслевым потенциалом развития в условиях Индустрии 5.0: теория, инструментарий и практические приложения // Экономическое возрождение России. – № 2 (72). – 2022. – С. 50–65.
39. **Будникова Н.С.** Сквозные технологии и риски вмешательства государства в высококонкурентную сферу информационных компьютерных технологий при реализации нацпроекта "Цифровая экономика" // В сборнике Международной научно-практической конференции Цифровой регион: опыт, компетенции, проекты. Брянск. 2019, с. 113–116.

REFERENCES

1. **К. Shvab,** Chetvertaya promyshlennaya revolyutsiya: perevod s angliyskogo. М.: Izdatelstvo «Е», 2017. – 208 s.



2. **A. Ross**, *Industrii budushchego: Per. s angl. P. Mironova.* — M. Izd-vo AST, 2017. — 287 s.
3. *Novaya tekhnologicheskaya revolyutsiya: vyzovy i vozmozhnosti dlya Rossii. Ekspertno-analiticheskiy doklad / Pod nauch. rukovodstvom V.N. Nyaginina* — M.: Tsentr Strategicheskikh razrabotok, 2017. — 136 s.
4. **M. Aiman et al.**, 2016. Industry 4.0 : A review on industrial automation and robotic. *Jurnal Teknologii (Sciences & Engineering)*, 78, pp. 137–143.
5. **I. Babkin, N. Alekseeva, H. Barabaner, N. Antoshkova**, Forecasting Digital Economy Development Trends Based on Scientometric Data Monitoring. In: *Beskopylny, A. and Shamtsyan, M. (eds.) XIV International Scientific Conference "Interagromash 2021"*. pp. 771–779. Springer International Publishing, Cham (2022). https://doi.org/10.1007/978-3-030-81619-3_86
6. **V.V. Shcherbakov, G.Yu. Silkina, S.Yu. Shevchenko**, Ot biznes-modeli k biznes-protsessam: metodologiya postanovki menedzhmenta v tsifrovoy srede // *RISK: Resursy, Informatsiya, Snabzheniye, Konkurentsia*. 2021. № 2. S. 29–34.
7. **G.Yu. Silkina, A.L. Kutuzov, S.Yu. Shevchenko**, Informatsionnyy bazis Industrii 4.0. // *Nauka i biznes: puti razvitiya*. 2021. № 12 (126). S. 222–224.
8. **K. Shvab**, *Tekhnologii Chetvertoy promyshlennoy revolyutsii: perevod s angliyskogo*. M.: Eksmo, 2018. — 320 s.
9. *Atlas tekhnologiy budushchego / A.V. Sokolova, N.S. Mikova, Ye.V. Gutarik i dr.; pod red. L.M. Gokhberga; Nats. issled. un-t «Vysshaya shkola ekonomiki».* — M.: Izdatelskaya gruppa «Tochka», Izd-vo «Alpina Publisher», 2017. — 192 s.
10. **Idoia Berges, Víctor Julio Ramírez-Durán, Arantza Illarramendi**, 2021. A Semantic Approach for Big Data Exploration in Industry 4.0. *Big Data Research* 25, (July 2021), 100222. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.bdr.2021.100222>
11. **M.A. Nikolayev, M.Yu. Makhotayeva, V.N. Gusarova**, Analiz vliyaniya protsessov tsifrovizatsii na ekonomicheskoye razvitiye regionov // *Nauchno-tekhnicheskiye vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. Ekonomicheskiye nauki*. 2020. T. 13. № 4. S. 46–56.
12. **N. Didenko, D. Skripnuk, K. Kikkas, O. Kalinina, E. Kosinski**, The Impact of Digital Transformation on the Micrologistic System, and the Open Innovation in Logistics. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*. 7, 115 (2021). <https://doi.org/10.3390/joitmc7020115>
13. **V. Dubolazov, Z. Simakova, O. Leicht, A. Shchelkonogov**, The Impact of Digitalization on a Production Structures and Management in Industrial Enterprises and Complexes. In: *Schaumburg, H., Korablev, V., and Ungvari, L. (eds.) Technological Transformation: A New Role For Human, Machines And Management*. pp. 39–47. Springer International Publishing, Cham (2021). https://doi.org/10.1007/978-3-030-64430-7_4
14. **G.Y. Silkina, S. Shevchenko, P. Sharapayev**, Digital Innovation In Process Management. *Academy of Strategic Management Journal*. 20, 1–25 (2021).
15. **Yueze Zhang, Caixia Zhang, Jun Yan, Congbin Yang, Zhifeng Liu**, 2022. Rapid construction method of equipment model for discrete manufacturing digital twin workshop system. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 75, (June 2022), 102309. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.rcim.2021.102309>
16. Digital Maturity Assessment Survey. URL: <https://www.bcg.com/capabilities/digital-technology-data/digital-maturity> (data obrashcheniya: 05.09.2022)
17. **A. Slaughter, A. Mittal, V. Bansal**, The new frontier. Bringing the digital revolution to midstream oil and gas. 2018. URL: <https://www2.deloitte.com/xe/en/insights/industry/oil-and-gas/digital-transformation-midstream-oil-and-gas.html> (data obrashcheniya: 05.09.2022)
18. *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 (data obrashcheniya: 05.09.2022)
19. **A. Babkin, V. Glukhov, E. Shkarupeta, N. Kharitonova, H. Barabaner**, Methodology for Assessing Industrial Ecosystem Maturity in the Framework of Digital Technology Implementation // *International Journal of Technology*. 2021. T. 12. № 7. S. 1397–1406.
20. **A.V. Babkin, A.A. Fedorov, I.V. Liberman, P.M. Klachek**, *Industriya 5.0: ponyatiye, formirovaniye i razvitiye* // *Ekonomika promyshlennosti*. — 2021. — T. 14. — №. 4. — S. 375–395.
21. **A.V. Babkin, Ye.V. Shkarupeta, V.A. Plotnikov**, *Intellektualnaya kibersotsialnaya ekosistema Industrii 5.0: ponyatiye, sushchnost, model* // *Ekonomicheskoye vozrozhdeniye Rossii*. — 2021. — №. 4. — S. 39–62.

22. **Lydia Habib, Marie-Pierre Pacaux-Lemoine, Quentin Berdal, Damien Trentesaux**, 2021. From Human-Human to Human-Machine Cooperation in Manufacturing 4.0. Processes 9, 11 (October 2021), 1910. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr9111910>
23. **Michal Zoubek, Peter Poor, Tomas Broum, Josef Basl, Michal Simon**, 2021. Industry 4.0 Maturity Model Assessing Environmental Attributes of Manufacturing Company. Applied Sciences 11, 11 (June 2021), 5151. DOI: <https://doi.org/10.3390/app11115151>
24. **I.M. Zaychenko, A.V. Kozlov, Ye.S. Shitova**, Drayvery tsifrovoy transformatsii biznesa: ponyatiye, vidy, klyuchevyye steypkholdery // Nauchno-tehnicheskiye vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. Ekonomicheskkiye nauki. 2020. T. 13. № 5. S. 38–49.
25. **A.V. Babkin, L.V. Tashenova**, Etapy otsenki tsifrovogo potentsiala innovatsionno-aktivnogo promyshlennogo klastera arkticheskoy zony Rossii // Nauchno-tehnicheskiye vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. Ekonomicheskkiye nauki. 2020. T. 13. № 5. S. 65–81.
26. **A.V. Babkin, N.S. Alekseyeva**, Issledovaniye tendentsiy razvitiya tsifrovoy ekonomiki na osnove analiza publikatsionnoy aktivnosti // V sbornike: Tsifrovaya ekonomika i Industriya 4.0: tendentsii 2025. Sbornik trudov nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem. Pod redaktsiyey A.V. Babkina. 2019. S. 63–68.
27. Skvoznyye tekhnologii tsifrovoy ekonomiki – URL: <https://www.tadviser.ru/a/447112> (data obrashcheniya: 05.09.2022).
28. **Ye.A. Osochenko**, Atlas skvoznikh tekhnologiy tsifrovoy ekonomiki Rossii: proyekt-signal: [doklad]. M.: Proyektnyy ofis «Tsifrovaya ekonomika RF GK Rosatom», 2019. – 372 s.
29. Tsifrovyye tekhnologii v rossiyskoy ekonomike / Pod red. L.M. Gokhberga. M.: NITs VShE, 2021. – 116 s.
30. Evolyutsiya tekhnologiy additivnogo proizvodstva – URL: <https://www.tadviser.ru/a/399512> (data obrashcheniya: 05.09.2022).
31. **A. Prokhorov, M. Lysachev**, Tsifrovoy dvoynik. Analiz, trendy, mirovoy opyt. M.: OOO «AlyansPrint», 2020. 401 s.
32. Analiticheskyy obzor mirovogo rynka robototekhniki – URL https://www.tadviser.ru/images/b/bf/Sberbank_robotics_review_2019_17.07.2019_m.pdf (data obrashcheniya: 05.09.2022).
33. G. Pyatoye pokoleniye mobilnoy svyazi – URL <https://www.tadviser.ru/a/270048>
34. Blokcheyn <https://www.tadviser.ru/a/298820> (data obrashcheniya: 05.09.2022).
35. **A. Genkin, A. Mikheyev**, Blokcheyn: Kak eto rabotayet i chto zhdet nas zavtra. M.: Alpina Pablisher, 2018. – 592 s.
36. **U. Mogayar**, Blokcheyn dlya biznesa; predisl. Vitalika Buterina: Per. s angl. D. Shalayevoy. – M.: Izdatelstvo «Eksmo», 2018. – 224 s.
37. Kvantovyy kompyuter i kvantovaya svyaz – URL <https://www.tadviser.ru/a/128111> (data obrashcheniya: 05.09.2022).
38. **A.V. Babkin, Ye.V. Shkarupeta, V.A. Plotnikov**, Upravleniye krossotraslevym potentsialom razvitiya v usloviyakh Industrii 5.0: teoriya, instrumentariy i prakticheskkiye prilozheniya // Ekonomicheskoye vozrozhdeniye Rossii. – № 2 (72). – 2022. – S. 50–65.
39. **N.S. Budnikova**, Skvoznyye tekhnologii i riski vmeshatelstva gosudarstva v vysokokonkurentnuyu sferu informatsionnykh kompyuternykh tekhnologiy pri realizatsii natsproyekta "Tsifrovaya ekonomika" // V sbornike Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii Tsifrovoy region: opyt, kompetentsii, proyekty. Bryansk. 2019, s. 113–116.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT AUTHORS

СИЛКИНА Галина Юрьевна

E-mail: galina.silkina@gmail.com

Galina Yu. SILKINA

E-mail: galina.silkina@gmail.com

АЛЕКСЕЕВА Наталья Сергеевна

E-mail: natasha-alexeeva@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7355-3277>

Natalia S. ALEKSEEVA

E-mail: natasha-alexeeva@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7355-3277>

ШЕВЧЕНКО Светлана Юрьевна

E-mail: no@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4412-203X>

Svetlana Yu. SHEVCHENKO

E-mail: no@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4412-203X>

Поступила: 11.09.2022; Одобрена: 11.10.2022; Принята: 17.10.2022.

Submitted: 11.09.2022; Approved: 11.10.2022; Accepted: 17.10.2022.