

К вопросу о разработке сценария прорывного развития промышленных предприятий в условиях четвертой промышленной революции

© 2018 г. Т.О. Толстых, Е.В. Шкарупета*

Четвертая промышленная революция дает надежду на продолжение процесса развития человеческого общества, который уже привел к резкому улучшению качества жизни миллиардов людей после 1800 г. Чтобы добиться этого, необходима совместная работа множества заинтересованных сторон для выполнения трех главных задач: справедливо распределять блага от технологических прорывов, сдерживать их неизбежные негативные эффекты и гарантировать, что новые технологии будут расширять, а не ограничивать возможности всех жителей Земли. Четвертая промышленная революция представляет собой новый этап в развитии человечества. Ее фундамент – три предыдущие промышленные революции, а движущая сила – растущая доступность новейших технологий. Эта революция только начинается, поэтому человечество может – и обязано – не только разрабатывать новые технологии, но и создавать более гибкие формы управления и позитивные ценности, которые изменят то, как мы живем, работаем и общаемся. Кастомизация, изменение баланса сил между ценностью опыта отдельных конструкторов и ценностью цифровых моделей, децентрализация проектирования и производства, новые требования к сертификации – все эти изменения становятся реальностью глобальной конкурентоспособной промышленности. В статье представлены теоретические и практические аспекты разработки и реализации сценария прорывного технологического развития промышленных предприятий в условиях Четвертой промышленной революции. Рассмотрена характеристика и отличительные особенности Четвертой промышленной революции, на основе чего сделан вывод, что прорывное технологическое развитие может дать огромные преимущества экономике и обществу. При разработке сценария технологического рывка авторами предлагается использовать двусторонний подход, который можно назвать стратегией масштабирования (zoom-in, zoom-out). Выделены наиболее перспективные направления, которые необходимо сегодня развивать промышленным предприятиям для реализации сценария цифровой трансформации.

Ключевые слова: прорывное развитие, технологическое развитие, технологический рывок, цифровизация, Четвертая промышленная революция, Индустрия 4.0

Введение

Технологии, которые стоят в основе Четвертой промышленной революции, во многом взаимосвязаны: в том, как они расширяют цифровые возможности; в том, как они масштабируются, развиваются, встраиваются в нашу жизнь; в том, как они взаимно дополняют друг друга; а также в их способности концентрировать привилегии и бросать вызов существующим системам управления. Чтобы воспользоваться преимуществами Четвертой промышленной револю-

ции, нам не следует рассматривать перспективные технологии ни как простые инструменты, которые полностью находятся под нашим осознанным контролем, ни как внешние силы, которыми невозможно управлять. Вместо этого нам следует попытаться понять, как и где человеческие ценности встраиваются в новые технологии и каким образом можно применять технологии для общего блага, защиты окружающей среды и прав человека. Все заинтересованные группы должны подключиться к глобальному диалогу о том, как технологии изменяют окружающие нас системы и влияют на жизнь каждого человека на планете. В частности, должны быть шире представлены в обсуждениях, связанных с управлением перспективными технологиями и их ролью, три группы, о которых часто забывают: развивающиеся экономики, экологические учреждения и организации, а также граждане из всех групп населения по доходам, возрасту и образованию.

* Толстых Т.О. – д-р экон. наук, профессор, tt400@mail.ru
Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», 119049, Москва, Ленинский просп., д. 4,
Шкарупета Е.В. – канд. экон. наук, доцент, 9056591561@mail.ru
Воронежский государственный технический университет,
394026, Воронеж, Московский просп., д. 14.

Характеристика Четвертой промышленной революции

Новые технологии могут дать огромные преимущества экономике и обществу. Но опыт предыдущих промышленных революций показывает, что полностью воспользоваться их потенциалом можно только при условии решения трех важнейших задач. Чтобы прийти к процветающему будущему, мы должны:

1. Гарантировать, что блага Четвертой промышленной революции распределяются справедливо.
2. Контролировать риски и негативные последствия Четвертой промышленной революции.
3. Гарантировать, что Четвертая промышленная революция будет происходить в интересах и под контролем человека.

Как и прежде, руководителям придется справляться с неопределенностью, вызванной стремительным технологическим прогрессом, но гораздо важнее сформировать образ мыслей, учитывающий эффекты системного уровня и влияние на отдельных людей, при этом ориентированный на будущее и гармонизирующий с общими ценностями всех заинтересованных групп.

Положения, нормы и структуры для новых мощных перспективных технологий уже разрабатываются и внедряются по всему миру.

Каждая промышленная революция включает формирование нового типа мышления. Например, создание и применение в разработке технических систем и конструкций CAD-систем было признано Национальным научным фондом США (NSF) величайшим событием, позволившим резко повысить производительность и сравнимым в этом смысле лишь с электрификацией производства.

Новая промышленная революция в настоящее время представляет собой пересечение трех областей: исследование, конструирование, проектирование в виде конвергенции и синергии, цифровых платформ, больших данных, интеллектуальных помощников, умного дизайна и умного производства. Мы находимся в начале новой эры – эры искусственного интеллекта, или, как говорят некоторые ученые и визионеры, – сейчас первый день творения. Но это не только новые технологии, но и кардинальные изменения самых основ нашей цивилизации, образа мышления всех жителей Земли. Основатель Всемирного экономического форума Клаус Шваб [2, 3] назвал это «Четвертой промышленной революцией». Так же проходила и Третья промышленная революция.

Четвертая промышленная революция фундаментально трансформирует современное производство благодаря новым технологическим достижениям, включая диджитализацию и роботизацию, искусственный интеллект и Интернет вещей, новые материалы и биотехнологии. Благодаря этим изменениям производство в развитых странах снова становится главным источником процветания и создания новых рабочих мест. Ведущие развитые и развивающиеся страны сегодня реализуют собственные

инициативы, направленные на развитие будущего производства [2]. В этих странах приняты долгосрочные стратегии в области развития промышленности, такие как Advanced Manufacturing Partnership (США), Industrie 4.0 (Германия), Industrie du Futur (Франция), Manufacturing Innovation 3.0 (Республика Корея), Make in India (Индия), New Robot Strategy (Япония), China Manufacturing 2025 (Китай).

Лидерство производства США основано на системном инжиниринге, моделировании полного жизненного цикла и компьютерном инжиниринге [4, 5].

В Германии создана и активно реализуется Industrie 4.0 – немецкая программа по технологическому развитию, один из десяти проектов будущего, предусмотренных в стратегии повышения конкурентоспособности промышленности Германии High-Tech Strategy 2020 Action Plan. Программа запущена в 2011 г., в проекте задействованы ведущие научно-исследовательские и промышленные организации Германии.

Лейтмотивом Industrie 4.0 является переход от встроенных систем к киберфизическим системам. Встроенные системы – это центральные блоки управления, встроенные в различные объекты, которыми они управляют. Киберфизические системы – набор новых технологий, позволяющих соединить виртуальный и физический мир, что позволяет обеспечить взаимодействие «умных» объектов друг с другом за счет использования Интернета/сетей и данных [6–8].

Основа Industrie 4.0 – это Интернет вещей. Цель Industrie 4.0 – повышение конкурентоспособности немецкой промышленности в условиях, когда Германия не может конкурировать по затратам с развивающимися и некоторыми развитыми странами (США); Германия сильна в разработке промышленного оборудования, системах управления им, но отстает в развитии программного обеспечения, где лидируют американские компании. Координаторами проекта Industrie 4.0 выступают Федеральное министерство образования и научных исследований и Федеральное министерство экономики и технологии. Также в проекте принимает участие Министерство внутренних дел.

В 2014 г. Президент Российской Федерации дал старт Национальной технологической инициативе (НТИ). Главным инструментом технологического прорывного развития в России является направление Технет (TechNet).

К передовым производственным технологиям Технет относятся следующие:

- (Advanced Simulation & Advanced Optimization)-Driven Design & Manufacturing: CAD / CAE / FEA / CFD / FSI / MBD / EMA / CAO / HPC / PDM / PLM ... MES / ERP / CRM ...;
- аддитивные и гибридные технологии;
- новые материалы: композиты, полимеры, керамика, сплавы, металлопорошки, метаматериалы;
- Smart Big Data на входе и на выходе как основа для Advanced Predictive Engineering Analysis / Analytics;

- ICS, сенсорика, промышленная робототехника, индустриальный Интернет и др.

В настоящее время из-за изменений в глобальной экономике (структурных, технологических, геополитических) для обеспечения конкурентоспособности страны на международном уровне требуются цифровая трансформация деятельности российского предприятия в разрезе его управленческих и технологических процессов и моделей, а также усиление взаимодействия предприятий между собой и с другими участниками системы ПК на мезо-, макро- и мегауровнях. Это позволит в полной мере реализовать системный потенциал цифровой экономики посредством встраивания цифровых технологий в экономический механизм предприятий.

Некоторые аспекты разработки сценария прорывного развития промышленных предприятий в условиях Четвертой промышленной революции

Эффективный способ глубже понять Четвертую промышленную революцию – использовать двусторонний подход, который можно назвать стратегией масштабирования (zoom-in, zoom-out). Важны обе стороны этого подхода:

1. Получить минимальный необходимый уровень понимания ряда технологий и их возможностей, чтобы лучше оценить их потенциал и способы применения.

2. Составить полную картину, разобравшись в связях между технологиями и вызванными ими системными изменениями.

Все технологии Четвертой промышленной революции имеют некоторые общие аспекты, связанные с теми системными изменениями, которые мы наблюдаем. Чтобы взглянуть на происходящее с общего, системного уровня, следует рассмотреть три общих аспекта динамики развития технологий:

1. Технологии Четвертой промышленной революции существенно расширяют и преобразуют цифровые системы.

2. Технологии распространяются с экспоненциальной скоростью, проникая в материальные объекты и в нашу жизнь.

3. Эффекты от внедрения технологий усиливаются по мере того, как они комбинируются.

Преимущества и проблемы перспективных технологий связаны с такими важными вопросами, как неравенство, безработица, демократия, суверенитет, экономическое развитие, здоровье и безопасность.

Чтобы успешно справляться со скоростью и масштабностью влияния технологий Четвертой промышленной революции, потребуются новые, более гибкие модели управления для частного сектора, общественных организаций, а также для правительств и традиционных регуляторов. Мы должны создать новые, более гибкие и приспособленные к будущим реалиям формы управления, включая нормы, стандарты и практики, которые будут учитывать всеобщие интересы.

Распространены две точки зрения на технологии, ни одна из которых не помогает в определении организационной стратегии или в выборе направления для Четвертой промышленной революции:

1. Технологии определяют наше будущее, нам они не подконтрольны.

2. Технологии – обычные инструменты, нейтральные по отношению к ценностям.

Ни одна из этих точек зрения не отражает того факта, что технологии и общество непрерывно формируют друг друга посредством политических принципов и ценностей, которые они включают в себя.

Мы должны принять более конструктивную точку зрения на технологии, ориентируясь на человеческие интересы. Необходимо признать следующее:

- все технологии имеют политическую природу. Они являются воплощением общественных тенденций и компромиссов, выраженных посредством развития и реализации этих технологий;

- технологии и общество взаимно формируют друг друга. Мы являемся продуктом наших технологий в той же степени, в какой они являются создаваемым нами продуктом.

Такой взгляд на технологии напоминает нам, что технологии – это решения и продукты, разрабатываемые через общественные процессы, которые отражают укоренившиеся приоритеты и ценности. Из такого понимания технологий вытекают три обязанности:

1. Идентификация ценностей, связанных с определенными технологиями.

2. Понимание того, как технологии влияют на принимаемые людьми решения.

3. Определение наилучших путей влияния на технологическое развитие с учетом интересов всех вовлеченных сторон.

Если мы хотим, чтобы Четвертая промышленная революция привела нас в экологически рациональное и открытое для всех будущее, крайне важно придерживаться подхода, нацеленного на множество заинтересованных сторон.

Принцип множества заинтересованных сторон предполагает, что жизнеспособные решения сложных мировых проблем могут быть достигнуты только при совместном участии руководителей бизнеса, государства, гражданского общества и научных кругов, а также с привлечением молодого поколения.

Фундаментом российской экономики являются промышленные компании. Внедрение цифровых технологий в промышленных комплексах – стратегический приоритет для российской экономики. Однако экономика продолжает оставаться сырьевой, ориентированной на экспорт природных ресурсов. Объем цифровой экономики в ВВП едва превышает 2 %, при этом данный показатель стагнирует с 2014 г., а у других стран он продолжает расти. Плотность роботизации производства на российских предприятиях сегодня более чем в 20 раз ниже среднемирового показателя [9, 10].

С началом Четвертой промышленной революции мир находится на грани грандиозной трансфор-

мации, характеризующей совместным эффектом от новых технологических достижений, включая искусственный интеллект, Интернет вещей, роботизацию, 3D-печать, носимые устройства, генетическую инженерию, нанотехнологии, новые материалы, биотехнологии и др. Эти технологии во взаимодействии могут стать драйвером ускоренного экономического роста и повышения производительности. В последнем Индексе глобальной конкурентоспособности Всемирного экономического форума, покрывающем 138 стран, Россия укрепила фундаментальные показатели, имеющие отношение к Четвертой промышленной революции.

Цифровая трансформация – это масштабный проект, который требует изменения многих привычных процедур, внедрения новых методов и технологий работы, организационных изменений. Успех цифровой трансформации обуславливается не только технологиями. Это в значительной степени и работа команды, и отношения с потребителями и поставщиками и логистика [11].

До недавнего времени технологическая индустрия была просто еще одним сектором экономики. Сегодня ситуация кардинальным образом изменилась. Технологические компании не просто вышли на вершину бизнес-олимпа. Они, выработав новые бизнес-модели, теперь задают стандарты управления для всех отраслей, государственных органов, третьего сектора во всем мире. Развитие технологий привело к тому, что по сути любой бизнес теперь стал технологическим. Любая крупная компания имеет сегодня набор задач в сфере технологий. Все чаще именно технологии – в смысле инфраструктуры, автоматизации, навыков, скорости внедрения новых решений – становятся важнейшим конкурентным преимуществом для бизнеса в целом [12, 13].

Кроме того, важным представляется создание единой экосистемы цифровой экономики в виде экосистемы цифровых двойников отдельных систем с применением методов промышленной аналитики (Big Data) [14, 15].

Цифровое производство – это ядро цифровой экономики, то, что иногда относят к «реальному сектору» экономики, т.е. к сфере производства, но на новом технологическом уровне, основой которого являются компьютерные (суперкомпьютерные) технологии [16, 17]. Цифровое производство – это широкомасштабное применение программного обеспечения во всем цикле производственного процесса.

Наиболее перспективные направления, которые необходимо сегодня развивать в России, – это цифровое проектирование и моделирование, новые материалы, аддитивные технологии, индустриальный Интернет, робототехника [18]. На это нацелены «дорожные карты» НТИ (по состоянию на июнь 2018 г. разработаны пять планов мероприятий («дорожных карт» НТИ в области Энерджинет, Автонет, Аэронет, Маринет, Нейронет).

Эффекты от внедрения «Цифровых фабрик» возможны следующие: снижение затрат на 10–50 % [19],

сокращение времени производства до 4 раз, рост прибыли до 2 раз, увеличение числа новых продуктов на 50–70 %, сокращение числа единиц оборудования на 7–15 %, рост предсказуемости до 4 раз [20].

Заключение

Чтобы Четвертая промышленная революция обеспечила процветание, открытость и равенство для общества и граждан, требуется осознанный выбор технологических систем, которые неизбежно будут влиять на экономику, окружающую среду и социальные системы. Это означает, что нужно иметь волю для противодействия существующим экономическим и политическим парадигмам и их перестройки в целях включения всех заинтересованных участников независимо от этнической, возрастной, половой или национальной принадлежности.

Библиографический список

1. Krouse J.K. What Every Engineer Should Know about Computer-Aided Design and Computer-Aided Manufacturing: The CAD/CAM Revolution. CRC Press, 1982. 160 p.
2. Шваб К. Четвертая промышленная революция. М.: Издательство «Э», 2017. 208 с.
3. Шваб К., Дэвис Н. Технологии четвертой промышленной революции. М.: Издательство Бомбора, 2018. 320 с.
4. Боровков А.И., Марусева В.М., Рябов Ю.А. Новая парадигма цифрового проектирования и моделирования глобально конкурентоспособной продукции нового поколения. Рабочий доклад департамента корпоративного обучения Московской школы управления Сколково «Цифровое производство: методы, экосистемы, технологии». 2018. С. 24–43. URL: http://assets.fea.ru/uploads/fea/news/2018/04_april/12/cifrovoe-proizvodstvo-032018.pdf
5. Боровков А.И., Кукушкин К.В. Центр НТИ «Новые производственные технологии» на базе Института передовых производственных технологий СПбПУ // Трамплин к успеху. 2018. № 13. С. 23–27.
6. Толстых Т.О., Шкарупета Е.В., Гамидуллаева Л.А. Подходы к проектированию инновационной экосистемы в условиях цифровизации социально-экономических систем. Формирование цифровой экономики и промышленности: новые вызовы. СПб.: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2018. 660 с. С. 117–135.
7. Вертакова Ю.В., Толстых Т.О., Шкарупета Е.В., Дмитриева Е.В. Трансформация управленческих систем под воздействием цифровизации экономики. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2017. 156 с.
8. Толстых Т.О., Гамидуллаева Л.А., Шкарупета Е.В. Ключевые факторы развития промышленных предприятий в условиях индустрии 4.0 // Экономика

в промышленности. 2018. № 1. С. 4–12. DOI: 10.17073/2072-1633-2018-1-11-19

9. Экономика и менеджмент в условиях нелинейной динамики / под ред. д-ра экон. наук, проф. А.В. Бабкина. СПб: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2017. 773 с. DOI: 10.18720/IEP/2017.2

10. Кластерная экономика и промышленная политика: теория и инструментарий / под ред. д-ра экон. наук А.В. Бабкина. СПб: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2014. 588 с.

11. Bloching B., Leutiger P., Oltmanns T., Rossbach C., Schlick T., Remane G. et al. The digital transformation of industry. Roland Berger Strategy Consultants und Bundesverband der Deutschen Industrie. München, 2015. URL: https://english.bdi.eu/media/topics/europe/publications/201503_Study__The_Digital_Transformation_of_Industry.pdf (дата обращения: 04.10.2018).

12. Lee J., Kao H.A., Yang S. Service innovation and smart analytics for industry 4.0 and big data environment // *Procedia Cirp*. 2014. V. 16. P. 3–8. DOI: 10.1016/j.procir.2014.02.001

13. Schweer D., Sahl J. The Digital Transformation of Industry –The Benefit for Germany // *The Drivers of Digital Transformation*. 2017. P. 23–31. DOI: 10.1007/978-3-319-31824-0_3

14. Толстых Т.О., Шкарупета Е.В., Гамидуллаева Л.А. Цифровое инновационное производство на основе формирования экосистемы сервисов и ресурсов // *Экономика в промышленности*. 2018. № 2. С. 159–168. DOI: 10.17073/2072-1633-2018-2-159-168

15. Tolstykh T.O., Shkarupeta E.V., Kostuhin Yu.Yu., Zhaglovskaya A.V. Digital Innovative Manufacturing basing on Formation of an Ecosystem of Services and Resources. Proceedings of the 31th International Business Information Management Association Conference (IBIMA). Milan, 2018. P. 4738–4746.

16. Tolstykh T.O., Shkarupeta E.V., Kostuhin Yu.Yu., Zhaglovskaya A.V. Key Factors of Manufacturing Enterprises Development in the Context of Industry 4.0. Proceedings of the 31th International Business Information Management Association Conference (IBIMA). Milan, 2018. P. 4747–4757.

17. Шкарупета Е.В. Управление развитием промышленных комплексов в условиях реиндустриализации. Воронеж: Научная книга, 2018. 272 с.

18. Шкарупета Е.В. Сценарии процессов трансформации инновационной экосистемы // *Экономинфо*. 2018. Т. 15. № 1. С. 77–80.

19. Толстых Т.О., Шкарупета Е.В., Шишкин И.А. Трансформация промышленности в условиях цифровизации экономики // *Актуальные проблемы развития хозяйствующих субъектов, территорий и систем регионального и муниципального управления: материалы XII Международной научно-практической конференции*. Воронежский филиал ФГБОУ ВО «РАНХиГС», 2017. С. 114–122.

20. Толстых Т.О., Шкарупета Е.В., Толстых Д.В. Трансформация управленческих подходов в цифровой экономике. Актуальные проблемы развития хозяйствующих субъектов, территорий и систем регионального и муниципального управления: материалы XII Международной научно-практической конференции. Воронежский филиал ФГБОУ ВО «РАНХиГС», 2017. С. 109–113.

Ekonomika v promyshlennosti = Russian Journal of Industrial Economics

2018, vol. 11, no. 4, pp. 346–352

ISSN 2072-1633 (print)

ISSN 2413-662X (online)

To a question of development of the scenario of breakthrough development of the industrial enterprises in the conditions of the fourth industrial revolution

T.O. Tolstykh – Dr. Sci. (Econ.), Professor, tt400@mail.ru National Research Technological University «MISiS», 4 Leninsky Prospect, Moscow 119049, Russia,
E.V. Shkarupeta – Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor, 9056591561@mail.ru
Voronezh State Technical University, 14 Moscow Prospect, Voronezh 394026, Russia

Abstract. The fourth industrial revolution gives hope for continuation of development of human society which has already led to sharp improvement of quality

of life of billions of people after 1800. To achieve it, collaboration of a set of interested parties is necessary for performance of three main tasks: it is fair to distribute the benefits from technological breaks, to constrain their inevitable negative effects and to guarantee that new technologies will expand, but not to limit a possibility of all inhabitants of Earth. The fourth industrial revolution represents a new stage in development of humanity. Her base – three previous industrial revolutions, and driving force – the growing availability of the latest technologies. This revolution only begins therefore the mankind can – and is obliged – not only to develop new technologies, but also to create more flexible forms of government and positive values which will change how we live we work and we communicate. Customization, change of balance of forces between the value of experience of certain

designers and value of digital models, decentralization of design and production, new requirements to certification – all these changes become a reality of the global competitive industry. Theoretical and practical aspects of development and implementation of the scenario of breakthrough technological development of the industrial enterprises in the conditions of the Fourth industrial revolution are presented in article. The characteristic and distinctive features of the Fourth industrial revolution is considered on the basis of what the conclusion is drawn that breakthrough technological development can give huge advantages to economy and society. When developing the scenario of technological breakthrough by authors it is offered to use bilateral approach which it is possible to call the strategy of scaling (zoom-in, zoom-out). The most perspective directions which the industrial enterprises need to develop for implementation of the scenario of digital transformation today are allocated.

Keywords: breakthrough development, technological development, technological breakthrough, digitalization, Fourth industrial revolution, Industry 4.0

References

1. Krouse J.K. What Every Engineer Should Know about Computer-Aided Design and Computer-Aided Manufacturing: The CAD/CAM Revolution. CRC Press, 1982. 160 p.
2. Shvab K. *Chetvertaya promyshlennaya revolyuciya* [The fourth industrial revolution]. Moscow: Izdatel'stvo «E», 2017. 208 p. (In Russ.)
3. Shvab K., Devis N. *Tekhnologii chetvertoi promyshlennoi revolyutsii* [Shaping the Fourth Industrial Revolution]. Moscow: Izdatel'stvo Bombora, 2018. 320 p. (In Russ.)
4. Borovkov A.I., Maruseva V.M., Ryabov Yu.A. *Novaya paradigma tsifrovogo proektirovaniya i modelirovaniya global'no konkurentosposobnoi produktsii novogo pokoleniya* [A new paradigm of digital design and modeling of globally competitive products of the new generation]. Working report of the Department of Corporate Education of the Moscow School of Management Skolkovo «Digital Production: Methods, Ecosystems, Technologies». 2018. Pp. 24–43. (In Russ.). Available at: http://assets.fea.ru/uploads/fea/news/2018/04_april/12/cifrovoe-proizvodstvo-032018.pdf
5. Borovkov A.I., Kukushkin K.V. Center for Scientific and Technical Information “New Production Technologies” at the Institute of Advanced Production Technologies SPbPU. *Tramplin k uspekhu = Springboard to success*. 2018. No. 13. Pp. 23–27. (In Russ.)
6. Tolstykh T.O., Shkarupeta E.V., Gamidullaeva L.A. Podkhody k proektirovaniyu innovatsionnoi ekosistemy v usloviyakh tsifrovizatsii sotsial'no-ekonomicheskikh sistem [Approaches to designing an innovation ecosystem in the conditions of digitalization of socio-economic systems]. *Formirovanie tsifrovoy ekonomiki i promyshlennosti: novye vyzovy* [Forming a digital economy and industry: new challenges]. St. Petersburg: Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya Sankt-Peterburgskii politekhnicheskii universitet Petra Velikogo, 2018. 660 p. Pp. 117–135. (In Russ.)
7. Vertakova Yu.V., Tolstykh T.O., Shkarupeta E.V., Dmitrieva E.V. *Transformatsiya upravlencheskikh sistem pod vozdeistviem tsifrovizatsii ekonomiki* [Transformation of management systems under the influence of digitalization of the economy]. Kursk: Yugo-Zapadnyi gosudarstvennyi universitet, 2017. 156 p. (In Russ.)
8. Tolstykh T.O., Gamidullaeva L.A., Shkarupeta E.V. Key factors of development of the industrial enterprises in the conditions of the industry 4.0. *Ekonomika v promyshlennosti = Russian Journal of Industrial Economics*. 2018. No. 1. Pp. 4–12. (In Russ.). DOI: 10.17073/2072-1633-2018-1-11-19
9. *Ekonomika i menedzhment v usloviyakh nelineinoi dinamiki* [Economics and management in terms of non-linear dynamics]. St. Petersburg: Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya Sankt-Peterburgskii politekhnicheskii universitet Petra Velikogo, 2017. 773 p. (In Russ.). DOI: 10.18720/IEP/2017.2
10. *Klasternaya ekonomika i promyshlennaya politika: teoriya i instrumentarii* [Cluster economics and industrial policy: theory and tools]. St. Petersburg: Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya Sankt-Peterburgskii politekhnicheskii universitet Petra Velikogo, 2014. 588 p. (In Russ.)
11. Bloching B., Leutiger P., Oltmanns T., Roszbach C., Schlick T., Remane G. et al. The digital transformation of industry. Roland Berger Strategy Consultants und Bundesverband der Deutschen Industrie. München, 2015. Available at: https://english.bdi.eu/media/topics/europe/publications/201503_Study_The_Digital_Transformation_of_Industry.pdf (accessed: 04.10.2018).
12. Lee J., Kao H.A., Yang S. Service innovation and smart analytics for industry 4.0 and big data environment. *Procedia Cirp*. 2014. Vol. 16. Pp. 3–8. DOI: 10.1016/j.procir.2014.02.001
13. Schweer D., Sahl J.C. The Digital Transformation of Industry – The Benefit for Germany. *The Drivers of Digital Transformation*. 2017. Pp. 23–31. DOI: 10.1007/978-3-319-31824-0_3
14. Tolstykh T.O., Shkarupeta E.V., Gamidullaeva L.A. Digital innovative production on the basis of formation of an ecosystem of services and resources. *Ekonomika v promyshlennosti = Russian Journal of Industrial Economics*. 2018. No. 2. Pp. 159–168. (In Russ.). DOI: 10.17073/2072-1633-2018-2-159-168
15. Tolstykh T.O., Shkarupeta E.V., Kostuhin Yu.Yu., Zhaglovskaya A.V. Digital Innovative Manufacturing basing on Formation of an Ecosystem of Services and Resources. *Proceedings of the 31th International Business Information Management Association Conference (IBIMA)*. Milan, 2018. Pp. 4738–4746.
16. Tolstykh T.O., Shkarupeta E.V., Kostuhin Yu.Yu., Zhaglovskaya A.V. Key Factors of Manufacturing Enterprises Development in the Context of Industry 4.0.

Proceedings of the 31th International Business Information Management Association Conference (IBIMA). Milan, 2018. Pp. 4747–4757.

17. Shkarupeta E.V. *Upravlenie razvitiem promyshlennykh kompleksov v usloviyakh reindustrializatsii* [Management of development of industrial complexes in the conditions of re-industrialization]. Voronezh: Nauchnaya kniga, 2018. 272 p. (In Russ.)

18. Shkarupeta E.V. Scenarios of processes of transformation of an innovative ecosystem. *Ekonominfo = Econoinfo*. 2018. Vol. 15. No. 1. Pp. 77–80. (In Russ.)

19. Tolstykh T.O., Shkarupeta E.V., Shishkin I.A. *Transformatsiya promyshlennosti v usloviyakh tsifrovizatsii ekonomiki* [Transformation of industry in the

conditions of digitalization of the economy]. *Aktual'nye problemy razvitiya khozyaistvuyushchikh sub»ektov, territorii i sistem regional'nogo i munitsipal'nogo upravleniya materialy KhII mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. Voronezhskij filial FGBOU VO «RANHiGS», 2017. Pp. 114–122. (In Russ.)

20. Tolstykh T.O., Shkarupeta E.V., Tolstykh D.V. *Transformatsiya upravlencheskih podhodov v cifrovoj ehkonomike* [Transformation of management approaches in the digital economy]. *Aktual'nye problemy razvitiya khozyaistvuyushchikh sub»ektov, territorii i sistem regional'nogo i munitsipal'nogo upravleniya materialy KhII mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. Voronezhskij filial FGBOU VO «RANHiGS», 2017. Pp. 109–113. (In Russ.)