УДК 338.16

DOI: 10.17073/2072-1633-2018-1-11-19

Ключевые факторы развития промышленных предприятий в условиях индустрии 4.0¹

© 2018 г. Т.О. Толстых, Л.А. Гамидуллаева, Е.В. Шкарупета * \subset

Цифровая экономика в промышленности реализуется в рамках концепции «Индустрия 4.0», которая является элементом четвертой промышленной революции. Цифровая экономика активно развивается в России: согласно отчету World Economic Forum, по показателям доступности, использования и влияния соответствующих технологий на экономику и общественные отношения наша страна относится к 30 % наиболее продвинутых стран. Программы цифровой экономики, принимаемые в разных странах, выдвигают на первый план показателей цифровизацию традиционных отраслей. Промышленный интернет и глубина его использования определяют цифровизацию производства. В развитии и внедрении этих технологий заинтересованы телекоммуникационные компании и поставщики оборудования, создаются специальные ассоциации и объединения. В статье описаны модели и алгоритмы создания цифровой цели лаборатории в рамках национальной инновационной цифровой экосистемы. В качестве фронтира организационного развития процессов цифровой трансформации рассматривается организация лаборатории, позволяющей проводить анализ, оценку и инжиниринг существующих процессов на промышленных предприятиях с позиций цифровизации, производительности, проектоориентированности и эффективности. Проведен анализ мирового и российского опыта создания подобных лабораторий в рамках национальной инновационной цифровой экосистемы. Цифровая лаборатория помогает ускорить процесс создания новых инновационных продуктов, сервисов для роста бизнеса и успешной конкуренции на российском и мировых рынках: возможно не только представить, но и смоделировать будущее бизнеса через 10-20 лет - создать прототипы цифровых продуктов, протестировать их, проверить, как они будут работать в будущем, и при необходимости доработать.

Ключевые слова: цифровизация, цифровая трансформация, цифровая экономика, цифровая экосистема, цифровая лаборатория, большие данные, big data, индустрия 4.0

Введение

Цифровая экономика в промышленности реализуется в рамках концепции «Индустрия 4.0», которая является элементом четвертой промышленной революции. С началом четвертой промышленной революции мир находится на грани грандиозной трансформации, характеризуемой совместным эффектом от новых технологических достижений, включая искусственный интеллект, роботизацию, 3D-печать, носимые устройства, генетическую инженерию, нанотехнологии, новые материалы, биотехноло-

гии и другие. Эти технологии во взаимодействии могут стать драйвером ускоренного экономического роста и повышения производительности. В последнем Индексе глобальной конкурентоспособности Всемирного экономического форума, покрывающего 138 стран, Россия укрепила фундаментальные показатели, имеющие отношение к четвертой промышленной революции.

Мировой тренд на цифровую трансформацию экономики ставит новые вызовы перед российской промышленностью. К технологиям, которые надо реализовывать российским промышленным предприятиям как можно быстрее, если они нацелены опередить иностранные предприятия в гонке конкурентоспособности четвертой промышленной революции, относятся:

- цифровое моделирование (современные системы инженерного анализа Computer-Aided Engineering, CAE), конечно-элементный анализ (Finite Element Analysis, FEA), вычислительная гидродинамика (Computational Fluid Dynamics, CFD);
 - цифровые двойники (аватары);
 - цифровая логистика;
- кросс-отраслевая кооперация, трансфер технологий;

Шкарупета Е.В. — канд. экон. наук, доцент, 9056591561@mail.ru ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 394026, Воронеж, Московский просп., д. 14.

 $^{^1}$ Исследование выполнено в рамках гранта РФФИ № 18-010-00204.

^{*} Толстых Т.О. — д-р. экон. наук, профессор, tt400@mail.ru НИТУ «МИСиС», 109049, Москва, Ленинский просп., д. 4. Гамидуллаева Л.А. — канд. экон. наук, доцент, gamidullaeva@

ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», 440026, Пенза, ул. Красная, д. 40.

- информационная платформа предприятия: Управление корпоративной информацией (Enterprise Information Management, EIM) = Управление жизненным циклом изделия (Product Lifecycle Management, PLM) + Система управления производственными процессами (Manufacturing Execution System, MES) + Планирование ресурсов предприятия (Enterprise Resource Planning, ERP);
- конвергенция функционала исполнительного механизма нового продукта и цифровой системы управления;
 - цифровой реверс-инжиниринг;
 - аддитивное производство;
 - бережливое производство.

Большие данные являются одним из основных ресурсов цифровой экономики. К 2020 году общий объем данных, созданных человечеством, достигнет 44 триллионов гигабайт. На основе анализа огромных массивов информации крупные компании и развивающиеся стартапы создают новые продукты и услуги, а также разрабатывают инновационные бизнесрешения.

Искусственный интеллект – одна из самых горячих тем в корпоративном мире. Несмотря на то что, по данным Forrester, на данный момент только 12 % компаний используют системы искусственного интеллекта в своей работе, технология стремительно развивается и начинает внедряться в разные сферы бизнеса – от взаимодействия с клиентами через чатботы до автоматизации и роботизации больших блоков работ.

VR и AR технологии и решения (к которым относятся цифровые аватары) вызывают огромный интерес и привлекают много внимания. В основном известны развлекательные приложения, однако вполне резонно ожидать нарастания спроса корпораций на использование этих технологий – в работе (например, высвечивание подсказок при монтаже

сложного оборудования), маркетинге (уже сегодня продавцы недвижимости используют VR-технологии для демонстрации квартир), образовании, коммуникациях и т. д.

Относительно недавно появление онлайн-магазинов произвело революцию в торговле, предоставив потребителю невиданный ранее комфорт, дешевизну, скорость и тем самым изменив ландшафт ритейл-отрасли. Распространение электронной торговли как в В2С, так и в В2С-сегментах потребовало кардинально нового подхода к логистике – больших централизованных складов, роботизации, более тесной интеграции поставщика и потребителя, ускорения доставки. И хотя «физические» технологии нередко отстают в скорости от «виртуальных», сфера логистики получила в последние годы целый ряд интереснейших инноваций.

Постановка проблемы

На данный момент приходится констатировать, что существующий опыт по цифровизации деятельности российских предприятий ограничивается цифровизацией или управленческих процессов в целях роста производительности, или операционных процессов для роста объема продаж и рентабельности предприятия. Отсутствует комплексный целостный подход, использование которого позволило бы предприятию обеспечить цифровую трансформацию всей его бизнес-модели.

Чтобы избежать провала в цифровых инновациях в промышленности, недостаточно просто освоить технологии, необходимо «замкнуть круг»: получив информацию из физического мира (от оборудования, завода или предприятия), проанализировать ее и на основе этих данных корректировать параметры процессов, расписание техобслуживания оборудования, оптимизировать работу производств в режи-

ме реального времени. Описанные процессы нуждаются в организационном оформлении, в качестве которого может выступить Лаборатория цифровой трансформации (рисунок) [1].

Целью Лаборатории цифровой трансформации должно стать объединение в единую цепь «проектирование – производство – эксплуатация» отдельных технологических, управленческих, логистических процессов для оптимизации использования в единой бизнес-модели.



Источник: [1]

Анализ последних исследований и публикаций по теме статьи

Примеры и анализы успешных цифровых трансформаций изложены в значительном числе опубликованных работ о цифровизации экономики: Berger [2], Bloching B., Leutiger P., Oltmanns T., Rossbach C., Schlick T., Remane G., ... & Shafranyuk O. [3], Schweer D., & Sahl J. C. [4], Matt C., Hess T., & Benlian A. [5], Hess T., Matt C., Benlian A., & Wiesböck F. [6], Karapetyants I., Kostuhin Y., Tolstykh T., Shkarupeta E. [7, 8]. Этот накопленный опыт исследований показывает, что именно из преобразований или трансформаций конкретных областей и бизнесов в стране растет и складывается объем ВВП цифровой экономики, вырастают цифровые лидеры.

Вопросы организации цифровых лабораторий описаны в трудах Madsen & Moller [9], Amann & James [10], Horsman [11] и других [12–16]. Технологиями искусственного интеллекта и big data занимаются такие ученые, как А.Г. Финогеев [17–18], Г.Г. Малинецкий [19–20], А.В. Шмидт [21].

Основные результаты проведенного исследования

Основными фронтирами развития процессов цифровой трансформации, на взгляд авторов, являются следующие:

- 1) формирование и верификация концепции цифрового двойника виртуальной модели, аватара. Форма, образ, процессы производства и эксплуатации элементы цикла для создания цифрового двойника:
- 2) разработка цифровых моделей как цифровых копий отдельных систем. Цифровая копия отдельной системы должна представлять собой целостную цепочку «проектирование производство эксплуатация», замкнутую в едином цифровом процессе для оптимизации использования в единой бизнесмодели экосистеме цифровых двойников. Причем, цепочка должна изучаться по всему жизненному циклу продукта. Цель данной модели получение наибольшей добавленной стоимости.

Достижение указанных фронтиров позволит сформировать эффективную систему коммуникации в области науки, технологий и инноваций, разработать методологические и практические основы цифровой трансформации современного предприятия. Это, в свою очередь, обеспечит экономический рост на уровне отдельных предприятий, регионов и страны в целом, сокращение средней продолжительности реализации жизненного цикла инновационных и инвестиционных проектов, а также повышение их качества.

Масштаб поставленной задачи определяется:

- фундаментальной постановкой вопроса;
- междисциплинарным и межотраслевым характером проведения исследования;
- значимостью результатов для понимания принципов и механизмов цифровой трансформации

современных предприятий, переосмысления классических подходов к их управлению, а также огромной практической значимостью для ускорения экономического роста РФ:

 проектоориентированностью и прикладной ориентацией на потребности и задачи предприятий промышленного сектора.

Современным трендом в научных мировых исследованиях являются разработки в области создания и развития интеллектуальных концепций будущего, например «Умная энергетическая решетка» (Smart Energy Grid) и «Умный и безопасный город» (Smart&Safe City). Данные концепции разрабатываются на основе создания и внедрения новых моделей, методов и технологий сбора и распределенной обработки сенсорных данных. Базовыми методами для них являются технологии беспроводных сетей, интеллектуальных SCADA систем, межмашинного (M2M) взаимодействия, интернет-вещей (Internet of Things), больших данных (Big Data), потоковой обработки, интеллектуального анализа и глубокого машинного обучения. Результатом конвергенции в отношении телекоммуникационных технологий является синтез единой инфраструктуры на базе интеграции технологий сетей Интернет, интернет-вещей, промышленного (Industrial Internet) и энергетического Интернет (Energy Grid). Результатом конвергенции в отношении информационных технологий является создание мультиструктурной среды для обеспечения жизнедеятельности человека. Мультиструктурная среда будущего интегрирует интеллектуальные системы энергетики, интеллектуальные транспортные системы, интеллектуальную дорожно-транспортную инфраструктуру, интеллектуальные системы освещения, интеллектуальные SCADA системы, системы «умный дом» и т. п. Для управления и поддержки принятия решений здесь необходимы киберсоциальные технологии, основанные на мобильных приложениях и беспроводной связи, что позволяет говорить об эволюционной сходимости (конвергенции) технологий киберфизических систем и киберсоциальной среды. Распространение технологий мобильной связи привело к созданию множества онлайн-сервисов и приложений, позволяющих ускорить и упростить как процессы межличностного общения, так и процессы взаимодействия с элементами среды, которые являются киберфизическими объектами. Тенденция к развитию интеллектуального функционала у объектов приводит к тому, что для обеспечения взаимодействия между людьми и компонентами производственного процесса происходит сближение технологий информационного обмена. Например, сервисы обработки информации о различных событиях работают по одинаковым алгоритмам и через одинаковые телекоммуникационные среды, получая информацию либо от мобильных приложений (агентов) на средствах связи пользователей, либо от программных агентов сбора и оповещения, загружаемых на киберфизические устройства.

В качестве фронтира организационного развития процессов цифровой трансформации рассма-

Цифровые лаборатории в российских вузах [Digital laboratories in Russian universities]		
Название лаборатории	вуз	Направления деятельности лаборатории
Лаборатория обработки данных	Самарский	Занимается исследованием процессов принятия управленческих решений с
сверхбольшого объема (Big Data Lab)	университет	использованием технологии больших данных
Лаборатория машинного обучения и	Университет	Занимается научно-исследовательской деятельностью по направлениям:
представления данных	Иннополис	алгоритмы машинного обучения;
Лаборатория компьютерного анализа медицинских изображений		глубинное обучение;
Лаборатория больших данных и информационных систем		обработка изображений и компьютерное зрение;
Лаборатория облачных систем и вир-		контекстноориентированный анализ;
туализации сервисов Лаборатория искусственного интел- лекта в разработке игр		автоматизированное моделирование, онтологии, автоматическое обоснование
Лаборатория методов анализа боль-	вшэ	Лаборатория фокусируется на применении методов машинного обучения и ана-
ших данных (LAMBDA)		лиза данных для решения задач фундаментальных наук
Лаборатория анализа данных	НИЯУ МИСИ	Деятельность лаборатории сосредоточена на проведении исследований в обла-
		сти статистического анализа данных, data mining, машинного обучения и чтении
		образовательных курсов по этим дисциплинам
Лаборатория структурных методов	МФТИ	Основными направлениями научной работы лаборатории являются многомер-
анализа данных в предсказательном		ный анализ данных, адаптивные непараметрические методы сглаживания и про-
моделировании		верки гипотез, задачи классификации и кластеризации, исследование нелиней-
		ных нестационарных временных рядов, задачи обработки изображений
		в медицине и статистические методы в финансовой математике
Лаборатория интеллектуального анализа данных и предсказательного моделирования	ИППИ РАН	Лаборатория занимается исследованием технологий машинного обучения и разработкой методов предсказательного моделирования
Лаборатория больших данных и циф-	Астраханский	Направления деятельности лаборатории:
ровых технологий	государственный университет	интеллектуальный анализ данных в сельском хозяйстве;
		цифровые технологии в учебном процессе;
		цифровой маркетинг;
		развитие цифровых навыков;
		координация учебных программ и курсов по использованию методов «науки о данных» в бизнесе
Научно-образовательная лаборатория обработки и анализа больших данных	Томский поли- технический университет	Основной целью деятельности лаборатории является изучение технологий и методов добычи и обработки данных
Лаборатория облачных технологий	РЭУ им.	Основные направления деятельности лаборатории:
и аналитики больших данных	г.в. Плеханова	перспективные исследования в развитии аналитики больших данных для решения экономических задач и развитие методов аналитики больших данных, в том числе в режиме реального времени;
		учебно-методическая работа в области распределенных вычислений и аналитики больших данных;
		развитие инфраструктуры облачных вычислений для решения текущих задач РЭУ
Лаборатория наук о больших данных и проблемах общества	Томский госу- дарственный университет	Разработка инновационных методов анализа данных и машинного обучения,
		изучения влияния социальных взаимоотношений между людьми на принятие рациональных экономических и общественных решений
		Проблема коллективного взаимодействия (collective action) и создания эффек-
		тивных механизмов общественного принятия решений, в том числе в различных
		политических контекстах, в ситуации подготовки общества к выборам
Научно-исследовательская лабора-	Казанский	Ведет исследования по направлениям:
тория (НИЛ) «Большие данные и ана-	федеральный	распределенный анализ больших данных для области ритейла;
лиз текста»	университет	извлечение информации из неструктурированных источников;
		автоматическая обработка текстовых данных
Источник: разработано авторами.		

тривается организация лаборатории, позволяющей проводить анализ, оценку и инжиниринг существующих процессов на промышленных предприятиях с позиций цифровизации, производительности, проектноориентированности и эффективности.

Актуальность исследований подтверждается появлением и активным развитием лабораторий анализа данных в ведущих мировых и российских университетах (таблица):

- Data Analytics Lab ETH Zürich, Switzerland.
- Data Mining and Machine Learning Laboratory Arizona State University, USA.
 - Stanford Artificial Intelligence Laboratory, USA.
 - Machine Learning Lab @ Columbia University, NY, USA.
- Machine Learning Lab @ Universität Freiburg,
 Germany.
- Intelligent Data Analysis Lab Universitat de València, Spain.

Кроме перечисленных существует множество цифровых лабораторий, например в компании IBM (http://digital-innovation-lab.mybluemix.net), в компании McKinsey (https://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/how-we-help-clients/digital-labs) и другие.

Лаборатория цифровой трансформации, как и любые другие лаборатории, решает прежде всего научные задачи, но их решение неотделимо от решения учебных и кадровых задач.

Лаборатория цифровой трансформации имеет несколько направлений деятельности: исследовательская, образовательная, практикоориентированная, проектная.

Деятельность лаборатории тесно интегрирована с промышленными предприятиями. На базе лаборатории могут «обкатываться» различные организационно-информационные проекты перехода на принципы цифровизации. Лаборатория должна стать «полигоном» для развития управленческого потенциала промышленных предприятий и т.д.

Создание Лаборатории цифровой трансформации соответствует:

- плану мероприятий по направлению «Информационная инфраструктура» программы «Цифровая экономика Российской Федерации», утв. Правительственной комиссией по использованию информационных технологий для улучшения качества жизни и условий ведения предпринимательской деятельности (протокол от 18 декабря 2017 г. № 2);
- плану мероприятий по направлению «Формирование исследовательских компетенций и технологических заделов» программы «Цифровая экономика Российской Федерации», утв. Правительственной комиссией по использованию информационных технологий для улучшения качества жизни и условий ведения предпринимательской деятельности (протокол от 18 декабря 2017 г. № 2);
- плану мероприятий по направлению «Информационная безопасность» программы «Цифровая экономика Российской Федерации», утв. Правительственной комиссией по использованию информационных технологий для улучшения качества жизни и условий ведения предпринимательской деятельности (протокол от 18 декабря 2017 г. № 2);
- направлению Национальной технологической инициативы TechNet кросс-рыночному и кроссотраслевому направлению, обеспечивающему технологическую поддержку развития рынков НТИ и высокотехнологичных отраслей промышленности за счет формирования цифровых, «умных», виртуальных фабрик будущего (Digital, Smart, Virtual Factories of the Future).

На различных этапах исследования в зависимости от характера решаемых задач в лаборатории предлагается использование следующих методов и подходов:

 метод виртуальной коммуникации в электронных сетях на основе сервис-ориентированного взаимодействия интеллектуальных агентов (аватаров);

- метод системной интеграции гетерогенных форматов научных знаний и форм обучения для обеспечения межгосударственного сотрудничества в сфере предоставления электронных образовательных услуг;
- системно-синергетический подход и инженерия линеек программных продуктов для построения интеллектуальных обучающих аватаров;
- метод многоуровневого математического моделирования динамической изменчивости интеллектуальных самоорганизующихся компонентов в межгосударственных электронных системах, сетях и средах;
- метод математического моделирования сервис-ориентированных взаимодействий и реконфигурации модулей электронной среды на основе теории графов и гиперграфов;
- подходы к созданию распределенных моделей знаний для использования в межгосударственных электронных системах, сетях и средах;
- метод автоматического управления передачей, коррекцией и защитой данных в виртуальной среде в скользящем режиме с компенсацией запаздывания.

В течение двух лет планируется отработать оптимальные механизмы встраивания работы лаборатории в учебный процесс. Лаборатория призвана задействовать разные компетенции участников – и как исследователей, и как преподавателей, и как экспертов, которые в своих университетах участвуют в институциональном строительстве.

Лаборатория цифровой трансформации представляет собой открытую площадку для тестирования новых решений и запуска пилотных проектов. Теперь все организации, деятельность которых связана с большими объемами информации, в рамках Лаборатории цифровой трансформации смогут получить экспертную оценку эффективности применения цифровых технологий при решении конкретных задач и технологическую поддержку для реализации тестовых проектов.

Опираясь на опыт специалистов, Лаборатория цифровой трансформации предоставит всю инфраструктуру, необходимую для запуска в тестовом режиме проектов в целях решения специфических задач потенциальных заказчиков и партнеров, будь то оптимизация инфраструктуры, повышение уровней доступности или построение масштабируемой платформы.

Технологическую базу Лаборатории цифровой трансформации будет составлять следующее аппаратное обеспечение: серверы (299729 Платформа SuperMicro SSG-6048R-E1CR36L), процессор для серверов LENOVO Xeon E5-2690v4, системы хранения данных (память DDR4 HPE 805358-B21 64Gb DIMM ECC Reg PC4-2400T; система хранения Infortrend EonStor DS 1024RCB-B x24 2.5 SAS 2×460W (DS1024R0CB00B-8732)) и программное обеспечение ORACLE, Openstack, Hadoop, GridGain, Apache Spark, Infinispan, Terracotta, Ehcache и др.

Разработка инновационных цифровых технологий и их активное продвижение – как собственных, так и в сотрудничестве с партнерами и крупнейшими исследовательскими центрами и университетами по всему миру – стратегическое направление развития Лаборатории цифровой трансформации. Результатом совместной деятельности будут являться наработки в виде референсных архитектур, тестовые проекты по интеграции программного и аппаратного обеспечения для построения решений Big Data. Лаборатория цифровой трансформации предоставит всем желающим организациям доступ к этим ресурсам.

Создание Лаборатории цифровой трансформации нацелено на решение каждодневных задач наших клиентов при помощи инновационных технологий. Лаборатория цифровой трансформации – это не абстрактные рассуждения об инновационных технологиях, а возможность предпринять конкретные шаги с помощью этих технологий для решения конкретных проблем. Внедрение и использование инновационных технологий сегодня – то конкурентное преимущество, которое столь необходимо для выживания и устойчивого развития любого промышленного предприятия.

Цифровые технологии являются одним из важнейших направлений в развитии IT-индустрии как за рубежом, так и в России. Их грамотное использование и более активное вовлечение в различные отрасли экономики, в науку, в образование в огромной степени способствуют повышению конкурентоспособности российской науки и производства.

Лаборатория цифровой трансформации – это не изолированная единица, а структура, которая должна быть глубоко интегрированной в жизнь во всех плоскостях – учебной, научной, консультационной, административной. Авторы считают, что жизненный цикл лаборатории не закончится по истечении трех лет и она будет развиваться как полноценный научный центр, ведущий исследования мирового уровня. Таким образом, лаборатория способна продолжить свою работу после реализации проекта и выполнять научные исследования, соответствующие мировому уровню.

Заключение

Создание Лаборатории цифровой трансформации обеспечит:

- увеличение числа интегрированных структур, созданных в рамках партнерского взаимодействия Лаборатории цифровой трансформации с промышленными предприятиями производителями высокотехнологичного оборудования и техники, компаниями, объединенными в металлургический, радиоэлектронный и ІТ кластеры, вузами, научными организациями, властью и бизнесом; качественное приращение за счет этого научных знаний, позволяющих открывать новые исследовательские направления, необходимые для прорывного развития ведущих отраслей экономики:
- проведение адресных фундаментальных и прикладных исследований, опытно-конструктор-

ских разработок и технико-внедренческих работ для предприятий;

- увеличение числа субъектов инновационного предпринимательства в университетском поясе;
- успешное развитие НИТУ «МИСиС» как одного из базовых элементов инновационных систем, оптимально использующего свои инфраструктурные возможности для успешного трансфера научных достижений в бизнес;
- обеспечение доступа к современным технологиям посредством развития специализированных и многопрофильных центров коллективного пользования научным оборудованием и благодаря этому содействие генерации налоговых поступлений в федеральный и региональный бюджеты от увеличения объемов производства, сохранение производственного потенциала предприятий;
- расширение объемов подготовки квалифицированных кадров через появление новых профилей программ бакалавриата и магистратуры по направлению «Менеджмент», отражающих тренды цифровой экономики и включающих новые курсы, такие как «Цифровая экономика», «Управление процессами цифровизации на промышленных предприятиях», «Принятие управленческих решений с использованием технологий Big Data: новые возможности и перспективы в управлении», «Цифровой маркетинг», «Управление информационной безопасностью», «Управление проектами цифровизации», «Цифровое предпринимательство» и др.
- разработку и внедрение новых курсов дополнительного образования для студентов инженерных специальностей и курсов повышения квалификации для сотрудников промышленных предприятий по программе «Управление процессами цифровизации на промышленных предприятиях».

Создание Лаборатории цифровой трансформации позволит реализовать цифровое производство – концепцию подготовки производства в единой виртуальной среде с помощью инструментов:

- формирования структуры производства (производственный состав изделия, перечень операций, организационная структура);
 - планирования процессов производства;
- проверки и оценки процессов в виртуальном пространстве;
- моделирования материальных потоков и логистики;
- генерации документов (маршрутов, операционных инструкций, управляющих программ);
 - управления производством (MES-системы).

Цифровая лаборатория помогает ускорить процесс создания новых инновационных продуктов, сервисов для роста бизнеса и успешной конкуренции на российском и мировом рынках: возможно не только представить, но и смоделировать будущее бизнеса через 10–20 лет – создать прототипы цифровых продуктов, протестировать их, проверить, как они будут работать в будущем, и при необходимости доработать.

Библиографический список

- 1. Зайцев 10. Фабрика создания будущего: от идеи до создания цифрового продукта за 4 недели. URL: http://services.softline.ru/uploads/booklet_files/files/31853b5d5a8d5a9ca035256eefafbb5e85ffd310.pdf (дата обращения: 04.02.2018).
- 2. Berger R. The digital transformation of industry // Study commissioned by the Federation of German Industries (BDI), Munich. URL: http://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_digital_transformation_of_industry_20150315.pdf (дата обращения: 22.04.2018).
- 3. Kollmann T., Schmidt H. Deutschland 4.0: Wie die digitale Transformation gelingt. Springer Gabler, 2016. URL: https://link.springer.com/content/pdf/bfm%3A978-3-658-13145-6%2F1.pdf (дата обращения: 22.04.2018).
- 4. Schweer D., Sahl J.C. 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
- 5. *Matt C., Hess T., Benlian A.* Digital transformation strategies // Business & Information Systems Engineering. 2015. V. 57. N 5. P. 339–343. DOI: 10.1007/s12599-015-0401-5
- 6. Hess T., Matt C., Wiesbock F. Options for Formulating a Digital Transformation Strategy // MIS Quarterly Executive. 2016. V. 15. N 2. URL: http://www.misqe.org/ojs2/execsummaries/MISQE_V15I2_Hessetal_Web.pdf (дата обращения: 21.04.2018).
- 7. Karapetyants I., Kostuhin Y., Tolstykh T., Shkarupeta E., Krasnikova A. Establishment of Research Competencies in the Context of Russian Digitalization // Proceedings of the 30th International Business Information Management Association Conference (IBIMA). Madrid, 2017. URL: http://ibima.org/accepted-paper/establishment-research-competencies-context-russian-digitalization/ (дата обращения: 22.04.2018).
- 8. Karapetyants I., Kostuhin Y., Tolstykh T., Shkarupeta E., Syshhikova E. Transformation of logistical processes in digital economy // Proceedings of the 30th International Business Information Management Association Conference (IBIMA). Madrid, 2017. URL: http://ibima.org/accepted-paper/transformation-logistical-processes-digital-economy/ (дата обращения: 22.04.2018).
- 9. *Madsen O., Mølle C.* The AAU Smart Production Laboratory for Teaching and Research in Emerging Digital Manufacturing Technologies // Procedia Manufacturing. 2017. V. 9. P. 106–112. DOI: 10.1016/j. promfg.2017.04.036
- 10. Amann P., James J.I. Designing robustness and resilience in digital investigation laboratories // Digital Investigation. 2015. V. 12. Sup. 1. P. S111–S120. DOI: 10.1016/j.diin.2015.01.015
- 11. *Horsman G*. Framework for Reliable Experimental Design (FRED): A research framework to ensure the dependable interpretation of digital data for digital foren-

- sics // Computers & Security. 2018. V. 73. P. 294–306. DOI: 10.1016/j.cose.2017.11.009
- 12. Prokop C.J., Liddick S.N., Larson N.R., Suchyta S., Tompkins J.R. Optimization of the National Superconducting Cyclotron Laboratory Digital Data Acquisition System for use with fast scintillator detectors // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. 2015. V. 792. P. 81–88. DOI: 10.1016/j.nima.2015.04.052
- 13. Petrescu I., Păvăloiu I.-B., Drăgoi G. Digital Logic Introduction Using FPGAs // Procedia-Social and Behavioral Sciences. 2015. V. 180. P. 1507–1513. DOI: 10.1016/j.sbspro.2015.02.299
- 14. Solari M., Vegas S., Juristo N. Content and structure of laboratory packages for software engineering experiments // Information and Software Technology. 2018. V. 97. P. 64–79. DOI: 10.1016/j. infsof.2017.12.016
- 15. Pacheco E., Lips M., Yoong P. Transition 2.0: Digital technologies, higher education, and vision impairment // The Internet and Higher Education. 2018. V. 37. P. 1–10. DOI: 10.1016/j.iheduc.2017.11.001
- 16. West T.D., Blackburn M. Is Digital Thread/Digital Twin Affordable? A Systemic Assessment of the Cost of DoD's Latest Manhattan Project // Procedia Computer Science. 2017. V. 114. P. 47–56. DOI: 10.1016/j. procs.2017.09.003
- 17. Finogeev A.G., Parygin D.S., Finogeev A.A. The convergence computing model for big sensor data mining and knowledge discovery // Human-centric Computing and Information Sciences. 2017. V. 7–11. DOI: 10.1186/s13673-017-0092-7
- 18. Parygin D., Nikitsky N., Kamaev V., Matokhina A., Finogeev A., Finogeev A. Multi-agent approach to distributed processing big sensor data based on fog computing model for the monitoring of the urban infrastructure systems // Proceedings of the 5th International Conference on System Modeling and Advancement in Research Trends (SMART). Moradabad (India): IEEE, 2016. DOI: 10.1109/sysmart.2016.7894540
- 19. Malinetskii G.G., Manenkov S.K., Mitin N.A., Shishov V.V. A cognitive challenge and information technologies // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2011. DOI: 10.1134/s1019331611040034
- 20. *Kurakin P., Malinetskii G., Bloom H.* Dialogue model of quantum dynamics. // Proceedings of SPIE. The International Society for Optical Engineering. 2006. DOI: 10.1117/12.683120
- 21. III мид A.B. Новые методы работы с большими данными: победные стратегии управления в бизнесаналитике. М.: ПАЛЬМИР, 2016. 528 с.
- 22. Вертакова Ю.В., Толстых Т.О., Шкарупета Е.В., Дмитриева В.В. Трансформация управленческих систем под воздействием цифровизации экономики. Курск: Юго-западный гос. ун-т, 2017. 147 с.
- 23. Толстых Т.О., Шкарупета Е.В., Толстых Д.В. Трансформация управленческих подходов в циф-

ровой экономике // Актуальные проблемы развития хозяйствующих субъектов, территорий и систем регионального и муниципального управления. Материалы XII международной научно-практической конференции. Воронеж: Воронежский государственный педагогический университет, 2017. С. 109–114.

24. 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. Воронеж: Воронежский государственный педагогический университет, 2017. С. 114–122.

25. *Васин С.М., Гамидуллаева Л.А.* Концептуальные вопросы управления инновационной системой // Russian Journal of Management. 2015. Т. 3. № 4. С. 342–351. DOI: 10.12737/13092

Ekonomika v promyshlennosti = Economy in the industry 2018, vol. 11, no. 1, pp. 11-19 ISSN 2072-1633 (print) ISSN 2413-662X (online)

Key factors of development of the industrial enterprises in the conditions of the industry 4.0

T.O. Tolstykh – tt400@mail.ru

NUST «MISiS», 4 Leninsky Prospect, Moscow 109049, Russia,

L.A. Gamidullayeva – gamidullaeva@gmail.comPenza State University, 40 Krasnaya Str., Penza 440026,Russia,

E.V. Shkarupeta – 9056591561@mail.ru Voronezh State Technical University, 14 Moskovskii Prospect, Voronezh 394026, Russia

Abstract. The digital economy actively develops in Russia: according to the report of World Economic Forum, on indicators of availability, use and influence of appropriate technologies on economy and the public relations our country treats 30% of the most advanced countries. The programs of digital economy adopted in the different countries put one of key indicators digitalization of traditional branches. If to speak about manufacturing sectors, then their digitalization is defined substantially by the industrial Internet and depth of his use. Many players - both the industrial companies, and telecommunication are interested in development and introduction of these technologies, and suppliers of the equipment, are created special associations and associations. The purpose of this article is the description of models and algorithms of processes of digitalization of key information (intra-corporate and external) activity of the industrial enterprise; development of methods, technologies and analysis algorithms of «big data» on the basis of technology of the industry 4.0 for management of the industrial enterprises for development of their business. As the frontier of organizational development of processes of digital transformation the organization of the laboratory allowing to carry out the analysis, assessment and engineering of the existing processes at the industrial enterprises from positions of digitalization, productivity, design orientation and efficiency is considered. The analysis of international and Russian experience of creation of similar laboratories within a national innovative digital ecosystem is carried out. The digital laboratory helps to accelerate process of creation of new innovative products and services for growth of business and the successful competition on Russian and the world markets: possibly not only to present, but also to simulate the future of business in 10–20 years: to create prototypes of digital products, to test them, to check as they will work in the future and if necessary to finish.

Keywords: digitalization, digital transformation, digital economy, digital ecosystem, digital laboratory, big data, big data, industry 4.0

Acknowledgments: The work was supported by RFFI grant No. 18-010-00204

References

- 1. Zaytsev Yu. Factory of the future creation: from idea to creation of digital product for 4 weeks. Availlable at: http://services.softline.ru/uploads/booklet_files/files/31853b5d5a8d5a9ca035256eefafbb5e85ffd310.pdf (accessed: 04.02.2018). (In Russ.)
- 2. Berger R. The digital transformation of industry. Study commissioned by the Federation of German Industries (BDI), Munich. Available at: http://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_digital_transformation_of_industry_20150315. pdf (accessed: 22.04.2018).
- 3. Kollmann T., Schmidt H. Deutschland 4.0: Wie die digitale Transformation gelingt. Springer Gabler, 2016. Available at: https://link.springer.com/content/pdf/bfm%3A978-3-658-13145-6%2F1.pdf (accessed: 22.04.2018).
- 4. 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
- 5. Matt C., Hess T., Benlian A. Digital transformation strategies. *Business & Information Systems Engineering*. 2015. Vol. 57. No. 5. Pp. 339–343. DOI: 10.1007/s12599-015-0401-5

- 6. Hess T., Matt C., Wiesbock F.. Options for Formulating a Digital Transformation Strategy. *MIS Quarterly Executive*. 2016. Vol. 15. No. 2. Available at: http://www.misqe.org/ojs2/execsummaries/MISQE_V15I2 Hessetal Web.pdf (accessed: 21.04.2018).
- 7. Karapetyants I., Kostuhin Y., Tolstykh T., Shkarupeta E., Krasnikova A. Establishment of Research Competencies in the Context of Russian Digitalization. *Proceedings of the 30th International Business Information Management Association Conference (IBIMA)*. Madrid, 2017. Available at: http://ibima.org/accepted-paper/establishment-research-competencies-context-russian-digitalization/ (accessed: 22.04.2018).
- 8. Karapetyants I., Kostuhin Y., Tolstykh T., Shkarupeta E., Syshsikova E. Transformation of logistical processes in digital economy. *Proceedings of the 30th International Business Information Management Association Conference (IBIMA)*. Madrid, 2017. Available at: http://ibima.org/accepted-paper/transformation-logistical-processes-digital-economy/ (accessed: 22.04.2018).
- 9. Madsen O., Møller C. The AAU Smart Production Laboratory for Teaching and Research in Emerging Digital Manufacturing Technologies. *Procedia Manufacturing*. 2017. Vol. 9. Pp. 106–112. DOI: 10.1016/j. promfg.2017.04.036
- 10. Amann P., James J.I. Designing robustness and resilience in digital investigation laboratories. *Digital Investigation*. 2015. Vol. 12. No. 1. Pp. S111–S120. DOI: 10.1016/j.diin.2015.01.015
- 11. Horsman G. Framework for Reliable Experimental Design (FRED): A research framework to ensure the dependable interpretation of digital data for digital forensics. *Computers & Security*. 2018. Vol. 73. Pp. 294–306. DOI: 10.1016/j.cose.2017.11.009
- 12. Prokop C.J., Liddick S.N., Larson N.R., Suchyta S., Tompkins J.R. Optimization of the National Superconducting Cyclotron Laboratory Digital Data Acquisition System for use with fast scintillator detectors. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment.* 2015. Vol. 792. Pp. 81–88. DOI: 10.1016/j. nima.2015.04.052
- 13. Petrescu I., Păvăloiu I.-B., Drăgoi G. Digital Logic Introduction Using FPGAs. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. 2015. Vol. 180. Pp. 1507–1513. DOI: 10.1016/j.sbspro.2015.02.299
- 14. Solari M., Vegas S., Juristo N. Content and structure of laboratory packages for software engineering experiments. *Information and Software Technology*. 2018. Vol. 97. Pp. 64–79. DOI: 10.1016/j.infsof.2017.12.016
- 15. Pacheco E., Lips M., Yoong P. Transition 2.0: Digital technologies, higher education, and vision impairment. *The Internet and Higher Education*. 2018. Vol. 37. Pp. 1–10. DOI: 10.1016/j.iheduc.2017.11.001
- 16. West T.D., Blackburn M. Is Digital Thread/Digital Twin Affordable? A Systemic Assessment of the Cost of DoD's Latest Manhattan Project. *Procedia Computer Science*. 2017. Vol. 114. Pp. 47–56. DOI: 10.1016/j. procs.2017.09.003

- 17. Finogeev A.G., Parygin D.S., Finogeev A.A. The convergence computing model for big sensor data mining and knowledge discovery. *Human-centric Computing and Information Sciences*. 2017. Vol. 7-11. DOI: 10.1186/s13673-017-0092-7
- 18. Parygin D., Nikitsky N., Kamaev V., Matokhina A., Finogeev A., Finogeev A. Multi-agent approach to distributed processing big sensor data based on fog computing model for the monitoring of the urban infrastructure systems. *Proceedings of the 5th International Conference on System Modeling and Advancement in Research Trends.* (SMART). Moradabad (India): IEEE, 2016. DOI: 10.1109/sysmart.2016.7894540
- 19. Malinetskii G.G., Manenkov S.K., Mitin N.A., Shishov V.V. A cognitive challenge and information technologies. *Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2011. DOI: 10.1134/s1019331611040034
- 20. Kurakin P., Malinetskii G., Bloom H. Dialogue model of quantum dynamics. *Proceedings of SPIE. The International Society for Optical Engineering.* 2006. DOI: 10.1117/12.683120
- 21. Shmid A.V. *Novye metody raboty s bol'shimi dannymi: pobednye strategii upravleniya v biznes-analitike* [New methods of working with large data: winning management strategies in business analytics]. Moscow: Pal'mir, 2016. 528 p. (In Russ.)
- 22. Vertakova Yu.V., Tolstyh T.O., Shkarupeta E.V., Dmitrieva V.V. *Transformaciya upravlencheskih sistem pod vozdejstviem cifrovizacii ehkonomiki* [Transformation of management systems under the impact of digitalization of the economy]. Kursk: Yugo-Zapadnii Gosudarstvennii Universitet, 2017. 147 p. (In Russ.)
- 23. Tolstyh T.O., Shkarupeta E.V., Tolstyh D.V. Transformaciya upravlencheskih podhodov v cifrovoj ehkonomike [Transformation of management approaches in the digital economy]. Aktual'nye problemy razvitiya hozyajstvuyushchih sub»ektov, territorij i sistem regional'nogo i municipal'nogo upravleniya. Materialy XII mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Voronezh: Voronezhskii Gosudarstvennii Pedagogicheskii Universitet, 2017. Pp. 109–114. (In Russ.)
- 24. Tolstyh T.O., Shkarupeta E.V., Shishkin I.A. Transformaciya promyshlennosti v usloviyah cifrovizacii ehkonomiki [Transformation of the industry in the conditions of digitalization of the economy]. Aktual'nye problemy razvitiya hozyajstvuyushchih sub»ektov, territorij i sistem regional'nogo i municipal'nogo upravleniya materialy XII mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Voronezh: Voronezhskii Gosudarstvennii Pedagogicheskii Universitet, 2017. Pp. 114–122. (In Russ.)
- 25. Vasin S.M., Gamidullaeva L.A. Conceptual issues of innovation system management. *Russian Journal of Management*. 2015. Vol. 3. No. 4. Pp. 342–351. (In Russ.). DOI: 10.12737/13092

Information about the authors:

T.O. Tolstykh – Dr. Sci. (Econ.), Professor, *L.A. Gamidullayeva* – Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor, *E.V. Shkarupeta* – Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor.