

ЦИФРОВИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ

Вестник МИРБИС : международный научно-практический журнал. ISSN 2411-5703. URL: <http://journal-mirbis.ru/>
№ 2 (22) 2020, DOI: 10.25634/MIRBIS.2020.2

Ссылка для цитирования: Павлова, И. В. Тренды и примеры корпоративной цифровизации / И. В. Павлова // Вестник МИРБИС. 2020. № 2 (22). С. 187–194. DOI: 10.25634/MIRBIS.2020.2.22

Дата поступления 18.02.2020 г.

УДК 338.28 : 004

Ирина Павлова¹

ТРЕНДЫ И ПРИМЕРЫ КОРПОРАТИВНОЙ ЦИФРОВИЗАЦИИ

Аннотация. В Актуальность исследования обусловлена развитием цифровых технологий в мире и России. В связи с этим, данная статья направлена на выявление трендов и анализ примеров использования корпоративной цифровизации в мировой и российской промышленности.

Ведущим подходом к исследованию данной проблемы является анализ направлений корпоративной цифровизации, позволяющий комплексно рассмотреть перспективу для цифровой трансформации.

В статье обоснованы основные направления развития корпоративной цифровизации, рассмотрены риски, проблемы и выгоды, выявлены отличия цифровизации от автоматизации, раскрыты основные направления цифровизации государственных предприятий в РФ, представлены 7 примеров эффективного внедрения Big Data, PLM и IIoT в промышленности.

Материалы статьи представляют практическую ценность для крупных промышленных компаний, предполагающих цифровизацию производственных и финансовых процессов в будущем.

Ключевые слова: цифровизация, автоматизация, корпоративная цифровизация, примеры цифровизации, цифровые двойники.

JEL: C65

¹ Павлова Ирина Владимировна — доктор экономических наук, профессор. Финансовый университет. Москва. Россия.
E-mail: pr.pavlova@mail.ru. ORCID 0000-0002-4292-7934; SPIN-код: 3591-3681.

Цифровизация — процесс перехода отраслей или предприятий к новым моделям бизнес-процессов, менеджмента и способам производства, основанным на информационных технологиях [Балашова 2019].

Развитие цифровизации в мире

Впервые определение цифровизации было дано в 1995-ом году, когда американским информатиком Николасом Негропonte из Массачусетского университета был озвучен термин «цифровая экономика» [Ализар 2019]. В Стратегии развития информационного общества РФ на 2017–2030 годы, утвержденной Указом Президента РФ от 09.05.2017 г. № 203, дается следующее понятие: «Цифровая экономика — это хозяйственная деятельность, в которой ключевым фактором производства являются данные в цифровом виде, обработка больших объемов и использование результатов анализа которых по сравнению с традиционными формами хозяйствования позволяют существенно повысить эффективность различных видов производства, технологий, оборудования, хранения, продажи, доставки товаров и услуг» [Савосин 2019]. Итак, термином «цифровизация»

обозначаются действия по переходу к цифровой экономике.

Основными элементами цифровой экономики называют: электронная коммерция, интернет-банкинг, система электронных платежей, интернет-рекламу и возможность электронного доступа к государственным услугам. Степенью доступности и активным использованием этих направлений определяется индексом цифровизации государства DEI, Digital Evolution Index. В результате расчетов DEI в 2017 года, (они были проведены компанией Mastercard с участием Школы права и дипломатии имени Флетчера при университете Тафтса), лидером цифрового рейтинга оказались Норвегия, Швеция и Швейцария. США, в топ-10 оказались также Великобритания, Дания, Финляндия, Сингапур, Южная Корея и Гонконг. Россия заняла 39-е место, наряду с Китаем, Индией, Малайзией и Филиппинами [Ализар 2019].

Основные тренды корпоративной цифровизации

В оценке цифровизации в отраслевом или производственном масштабах учитываются эле-

менты, характеризующиеся:

- сквозной межпроцессной интеграции данных и продуктов;
- непрерывном управлении информацией, включающем автоматизированный сбор, хранение, обработку и анализ разновариантных данных;
- управлении жизненными циклами продуктов;
- кибербезопасности;
- предиктивном управлении производственными и бизнес-процессами;
- заменой обычного моделирования объектов и процессов их цифровыми двойниками;
- роботизацией и электронным документооборотом, способствующим исчезновению ручного труда;
- гибкостью корпоративной культуры, основанной на оперативном интернет-взаимодействии географически широко распределенных сотрудников и отделений.

Выгоды, риски и проблемы цифровизации

В докладе Всемирного банка «Цифровые дивиденды» от 2016 года, подчеркнуты выгоды цифровизации [Роснефть запустила проект... 2019], связанные с:

- ростом производительности труда;
- повышением конкурентоспособности компаний;
- снижением издержек производства;
- созданием новых рабочих мест;
- увеличением степени удовлетворенности потребностей населения;
- преодолением бедности и социального неравенства.
- Несмотря на эти преимущества, с цифровизацией связаны и потенциальные риски:
- несанкционированного доступа к информации и других угроз кибербезопасности;
- массовой безработицы;
- цифрового неравенства — разрывов в уровне образованности и возможностям доступа к цифровым услугам и продуктам между гражданами и бизнесом внутри государства, а также между странами.

Итак, цифровизация, помимо выгод, несет риски и проблемы

Но, как мы видим, цифровизация в отраслях экономики и стране в целом, становится неиз-

бежной. Но для решения задачи цифровизации экономики, надлежит решить проблемы, связанные с:

- низким уровнем цифровой грамотности населения;
- недостатком ИТ-инфраструктуры;
- нехваткой ИТ-специалистов;
- «традиционным» сознанием, ориентированным на работу с материальными, а не цифровыми объектами;
- жесткостью корпоративных структур;
- необходимостью радикальной перестройки парадигм бизнеса и управленческих моделей.

Цифровизация и автоматизация — 5 основных отличий

Что общего у автоматизации и чем они отличаются?

90-е годы прошлого века принято считать началом современной эпохи промышленной автоматизации, когда компании стали разрабатывать и активно внедрять программно-аппаратные решения для замены ручного труда роботизированным производством и специализированным софтом [Пешкова 2019]. Однако, сегодня практически во всех отраслях, от нефтегазового сектора до государственного управления [Максимов 2019], на повестке дня стоят термины «цифровизация» и «цифровая экономика». Эти понятия стали весьма популярны с конца 2016 года, после Президентского послания Федеральному собранию РФ [Мосто 2019]. На примере основных направлений корпоративной цифровизации, о которых мы говорили выше, разберёмся, чем кардинально цифровизация отличается от автоматизации и что между ними общего.

1. Степень интеграции процессов и данных

Цифровизация предполагает наличие единого информационного пространства для непрерывного обмена данными между различными сферами деятельности и структурными подразделениями. Это достигается за счет радикального изменения существующих бизнес-моделей и внедрения современных информационных технологий, в частности, Big Data для обработки больших разнородных массивов данных. Автоматизация направлена на перевод текущих процессов в электронную форму и замену ручного труда роботизированными устройствами [Заболотный 2019; Кулясова 2019].

Например, непрерывный сбор разновариантных записей с контроллеров систем управления на скважинах ПАО «Газпромнефть» с последующим их анализом, построением и проверкой гипотез о причинах сбоев насосного оборудования [Вичугова 2019] относится к цифровизации. А автоматическое формирование таблиц с графиком диагностических проверок нефтегазового оборудования — типовая задача автоматизации этого производственного процесса.

2. Виртуализация основного объекта производства

Цифровизация включает создание электронного двойника главного производственного объекта, например, цифровое месторождение [Вичугова 2013], информационная модель радиоэлектронного изделия или цифровой макет космического корабля [Вичугова 2019а]. При этом электронный двойник реального объекта содержит также все сведения о процессах его разработки и эксплуатации, помимо собственно тактико-технических характеристик изделия. Автоматизация процессов проектирования означает моделирование объекта в специальных расчетных программах. Поэтому автоматизированные расчеты и проектирование являются частью цифровой модели изделия [Вичугова 2013]. Итак, электронный макет производства — неотъемлемый элемент цифровизации

3. Характер управления данными

Цифровизация предполагает непрерывное управление данными об объектах, на протяжении всего их жизненного цикла, включая автоматический сбор, накопление, изменение и анализ информации, а также генерацию подобных данных. Яркий пример этого — самоорганизующееся озеро данных (Data Lake) на предприятиях с 5-м, оптимизируемым, уровнем зрелости управления по СММІ-модели [Вичугова 2019а]. Автоматизация, как правило, направлена на решение рутинных задач одного или смежных бизнес-процессов, таких как, торговый и складской учет, электронный документооборот и пр., не рассматривая дальнейшее использование данных за границами этих процессов [Максимов 2019].

4. Порядок управления производством

Благодаря наличию цифровых макетов производства, а также непрерывному накоплению и анализу больших данных (Big Data), в том числе, с помощью алгоритмов машинного обучения

(Machine Learning), цифровизация делает возможным опережающее управление. Прогнозы будущих ситуаций, в том числе нетривиальных, и оптимальные отклики на них рассчитывается за счет инструментов предиктивной аналитики [Вичугова 2019]. Автоматизация же ориентирована на обработку типовых случаев и учетные операции постфактум.

5. Гибкость корпоративной культуры

Цифровизация обеспечивает оперативное взаимодействие географически распределенных сотрудников через интернет. При этом эффективность бизнес-процессов оценивается по достигнутому результату, а не времени, затраченного на работу, как в традиционном подходе. Автоматизация предполагает перевод существующих бизнес-моделей в электронную форму, без учета методологии гибких изменений, называемой Agile [Цифровизация как изменение парадигмы н.д./2019].

Реальная цифровизация: 7 примеров эффективного внедрения Big Data, PLM и IIoT в промышленности

Продолжая разговор о том, что такое цифровой двойник и где эта технология Industry 4.0 используется на практике, рассмотрим несколько реальных примеров такой цифровизации в отечественной и зарубежной промышленности, представляющую собой практическую синергию технологий Big Data, ML, PLM и IIoT в нефтегазовой, теплоэнергетической и машиностроительной отраслях.

Нацпрограмма «Цифровая экономика» предполагает тотальную цифровизацию государственных предприятий, основанную на внедрении технологий I4.0.

Цифровизация государственных предприятий продолжается: 20 мая 2019 года Министерство коммуникаций и связи отправило в крупные госкорпорации (Газпромнефть, Аэрофлот, РЖД, КамАЗ, Почта России, Ростех, Ростелеком и др.) проект новых методических рекомендаций по разработке стратегий цифровой трансформации [Балашова 2019]. Этот документ разработан в рамках национальной программы «Цифровая экономика» и предусматривает практическое внедрение следующих технологий 4-ой промышленной революции (Industry 4.0, I4.0) [Ализар 2019]:

- единая цифровая платформа, интегрирующая системы DSS, PLM, MES, ERP, MDM, CRM, ERM и BI;

- модель непрерывной оптимизации бизнеса;
- предиктивная и предписывающая аналитика на базе больших данных (Big Data) и машинного обучения (Machine Learning) в операционных и управленческих процессах;
- цифровые двойники рабочих процессов и продукции.

При актуальности использования всех вышеотмеченных технологий, пока данная методика носит общий характер и не адаптирована к размеру и сфере деятельности конкретной компании. Это затрудняет ее практическую реализацию, не позволяя в полной мере получить отдачу от весьма солидных инвестиций. Стоимость такого проекта цифровизации оценивается не менее 1 миллиарда рублей с ежегодной ценой поддержки на уровне 150–200 миллионов рублей [Балашова 2019]. Напомним, бюджет нацпрограммы «Цифровая экономика» до 2024 года составляет более 1,6 триллионов рублей, из которых 535,3 миллиарда будут профинансированы из внебюджетных источников [Ализар 2019]. Но пока одни отечественные компании еще только размышляют о том, что такое цифровизация и разрабатывают стратегические направления по внедрению Big Data, Machine Learning, Internet of Things, PLM и других технологий I4.0, другие уже начали применять их на практике. Некоторые из таких примеров мы рассмотрим далее.

Цифровой двойник — это виртуальная модель реального физического объекта и его рабочих процессов. Цифровые двойники позволяют повысить эффективность производства.

Цифровые двойники в нефтегазовом секторе

В настоящее время в России именно нефтегазовая промышленность добилась наиболее показательных результатов в цифровизации вообще и цифровых двойников в частности. Например, в декабре 2019 года Газпромнефть приступила к созданию цифровой интегрированной модели Восточного участка Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения. В проекте задействованы несколько крупных инфраструктурных объектов, 280 нефтяных и газовых скважин действующего и проектного фонда. Цифровая интегрированная модель месторождения состоит из взаимосвязанных моделей пласта, скважин и

наземной инфраструктуры. Она предназначена для оптимизации работы каждого элемента по отдельности и целой системы. С помощью этой модели цифрового месторождения планируется прогнозировать добычу углеводородов в краткосрочных и долгосрочных горизонтах, оптимизировать расход газлифтного газа, рассчитывать пропускную способность системы нефтесбора и технологические режимы работы скважин. Проект планируется полностью реализовать до конца 2020 г., включая интеграцию с уже имеющимися информационными системами [Савосин 2019].

Аналогичные работы по цифровому месторождению запустила Роснефть в Башкирии, введя систему в опытно-промышленную эксплуатацию в мае 2019 году. В проект входят цифровые двойники производственных объектов и процессов, мобильные IoT/IIoT-устройства, а также интеллектуальная система мониторинга трубопроводов. Ожидается, что эта система позволит на 60 % увеличить количество дистанционно управляемых объектов, на 5 % повысить энергоэффективность процессов добычи и на 5 % снизить логистические издержки. Таким образом, масштабирование технологий только в рамках «Башнефти» позволит получить дополнительно около 1 млн тонн нефти за счёт оптимизации производства. В целом прогнозируемый экономический эффект составит порядка 1 млрд рублей в год [Роснефть запустила проект... 2019].

Также стоит отметить опыт нефтехимической компании «СИБУР», которая реализовала собственную систему управления инженерными данными, собрав в ней всю информацию по оборудованию, включая его место в производственной цепочке, нормативные режимы работы, частоту обслуживания, геометрические и технические характеристики и т. д. Надежное хранение и автоматизированная обработка данных позволяет сократить временные затраты и число ошибок при обслуживании, ремонте и заказе запчастей. Модуль предиктивной аналитики в этой PLM-системе помогает заранее планировать профилактические операции и подсказывает, какие элементы оборудования следует отключить или перекрыть для безопасного ремонта [Кузнецова 2019]. Цифровые двойники технологического оборудования позволяют моделировать разные режимы его работы, учитывая данные о химических веществах и показателях технологического

процесса. После проверки модели выполняются расчетные исследования и определяются оптимальные параметры процесса для повышения технологической и энергетической эффективности. Рассчитываются не только технологические параметры (энергия, теплообмен), но и экономика — затраты на дополнительное оборудование, целесообразность модернизации [Пешкова 2019; Кузнецова 2019].

Big Data, PLM и IIoT в транспорте, энергетике и машиностроении. Выводы

Помимо своей профильной деятельности, СИБУР также использует технологии Big Data, PLM и IIoT в сопутствующих процессах. В частности, компания запустила проект по оптимизации железнодорожных перевозок, чтобы с помощью средств I4.0 снизить затраты на ремонтные работы, выявить дублирование операций при управлении подвижным составом и повысить эффективность управления отгрузками. Похожим образом цифровые двойники применяются для эффективной эксплуатации поездов «Сапсан» и «Ласточка». В 2018 году цифровой двойник был внедрен в корпорации «Трансмашхолдинг», позволяя быстро рассчитывать результаты выполнения производственного плана при заданных параметрах [Пешкова 2019].

Еще одним показательным примером использования технологий Big Data, PLM и IIoT в отечественном машиностроении является виртуальный прототип завода КАМАЗ. В рамках этого проекта были созданы 3D-модели почти 50 станков, а также другого технологического оборудования: производственные роботы, манипуляторы, кантователи, рольганги. Эти трехмерные модели применяются при моделировании механообработки и сборки, а также для размещения оборудования на 3D-планировках [там же; Владимирова 2019].

Цифровые двойники также актуальны и для энергетической отрасли. Например, виртуальная модель техпроцессов станции на базе фактических характеристик оборудования и исторических данных позволила Московской ТЭЦ-20 повысить эффективность своей работы на 4%. Это достигнуто за счет перераспределения нагрузок при изменении режима, краткосрочного планирования состава оборудования и оптимизации прогнозов суточных заявок на потребление тепла по критерию максимизации маржинальной прибыли [Максимов 2019].

Из зарубежного опыта интересны результаты компании Siemens, одного из крупнейших разработчиков электроники и программируемых логических контроллеров. Например, на заводе в немецком городе Амберг, где выпускается 12 миллионов контроллеров в год (одно изделие в секунду) реальное производство полностью объединено с виртуальным. Нанесенные на изделие коды автоматически передают оборудованию технологический маршрут и требования к каждой выполняемой операции. При этом IIoT-система учитывает приоритет операций и доступность производственных линий для соблюдения установленных сроков, контролируя весь процесс на соответствие нормативам качества. Такая цифровизация в 2 раза сократила сроки запуска новых изделий, снизив период переналадки оборудования на 50 %. Новые заказы исполняются в течение 24 часов при размере партии от 1 изделия до 1000 экземпляров. 99,99885 % выпускаемой продукции полностью соответствует всем стандартам качества. В общем случае, цифровой двойник сократил себестоимость изделий на 25 % [Мосто 2019].

На другом заводе Siemens, в немецком городе Фюрт корпоративная PLM-система интегрирована с ERP и MES, что позволило получить сквозное решение для управления выпуском всех электронных изделий. IIoT обеспечивает сбор технологической информации в реальном времени, передавая данные в MES-систему, которая разрабатывает технологические процессы производства печатных плат, механических деталей и узлов, а также осуществляет календарное планирование, управление материальными потоками и анализ технологической информации. Через PLM-систему предприятия MES получает прямой доступ ко всей информации о конструкции электрических и механических узлов изделия. А процессы поставки материалов и другая обеспечивающая деятельность автоматизированы с помощью ERP [там же].

Таким образом, несмотря на то, что цифровизация несет в себе не только преимущества, но и риски и проблемы, технология Industry 4.0 получила практическую реализацию в виде синергии технологий Big Data, ML, PLM и IIoT в нефтегазовой, теплоэнергетической и машиностроительной отраслях.

Список источников

- Ализар 2019 — *Ализар, А.* Госкомпании РФ придется внедрять машинное обучение и цифровых двойников / А. Ализар // Хабр : [сайт]. URL: <https://habr.com/ru/news/t/453604/>. Дата публикации 27.05.2019.
- Балашова 2019 — *Балашова, А.* Минкомсвязь написала методичку по цифровым стратегиям для госкомпаний / Анна Балашова, Александра Посыпкина // РБК : [сайт]. URL: https://www.rbc.ru/technology_and_media/27/05/2019/5ce825f99a7947aaec2e09ae. Дата публикации 27.05.2019.
- Вичугова 2013 — *Вичугова, А. А.* Разработка модели данных информационной системы поддержки жизненного цикла изделий для задач космического приборостроения / А. А. Вичугова // Программные продукты и системы, 2013, № 3. С. 209–215. ISSN: 0236-235X.
- Вичугова 2019 — *Вичугова, А. А.* Как Big Data и Machine Learning в нефтегазовой отрасли экономит миллиарды / А. А. Вичугова // Школа Больших Данных : [сайт]. URL: <https://www.bigdataschool.ru/bigdata/machine-learning-в-нефтегазовой-отрасли.html>. Дата публикации 11.02.2019.
- Вичугова 2019а — *Вичугова, А. А.* Data Like на 5-ку: озеро данных для зрелой компании / А. А. Вичугова // Школа Больших Данных : [сайт]. URL: <https://www.bigdataschool.ru/bigdata/cmml-data-lakes.html>. Дата публикации 10.02.2019.
- Владимирова 2019 — *Владимирова, О. Н.* Цифровые инновационные проекты в развитии конкурентных преимуществ организаций / О. Н. Владимирова, М. В. Кравченко // Экономика и современный менеджмент: в поисках новой модели инновационного развития / А. М. Абрекова [и др.] ; Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского. Пенза: Наука и просвещение, 2019. С. 4-41. ISBN: 9785001591726.
- Заболотный 2019 — *Заболотный, В. Е.* Цифровизация и автоматизация в управлении производственными процессами / В. Е. Заболотный // Проблемы и перспективы развития России : молодежный взгляд в будущее : сборник научных статей 2-й Всероссийской научной конференции / Юго-Западный государственный университет; Московский политехнический университет; Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева. Курск : Юго-Западный государственный университет, 2019.
- Кузнецова 2019 — *Кузнецова, С. В.* Преимущества применения технологии "цифровых двойников" в зарубежном и отечественном производстве / С. В. Кузнецова // Проблемы экономики, финансов и управления производством : сборник научных трудов вузов России. № 45. Иваново : Ивановский государственный химико-технологический университет, 2019. С. 49–57.
- Кулясова 2019 — *Кулясова, Е. В.* Цифровизация промышленных предприятий: возможности и угрозы новой реальности / Е. В. Кулясова, З. В. Вдовенко // Ученые записки Российской академии предпринимательства. ISSN 2073-6258. 2019, т. 18, № 3, 98–110.
- Максимов 2019 — *Максимов, В.* Моделирование работы реальной ТЭЦ для оптимизации режимов: пар и математика / В. Максимов // Хабр : [сайт]. URL: <https://habr.com/ru/company/croc/blog/481902/>. Дата публикации 26.12.2019.
- Мосто 2019 — *Мосто, М.* Цифровые двойники открывают новые возможности для приборостроения и электронной промышленности / Мария Мосто // Control Engineering Russia : [сайт]. URL: <https://controlengrussia.com/innovatsii/novye-vozmozhnosti/>. Дата публикации 19.06.2019.
- Пешкова 2019 — *Пешкова, И.* Как цифровые двойники помогают российской промышленности / Ирина Пешкова // Rusbase : [сайт]. URL: <https://rb.ru/longread/digital-twin/>. Дата публикации 26.03.2019.
- Роснефть запустила проект... 2019 — Роснефть запустила проект «Цифровое месторождение» в Башкирии / Управление информационной политики ПАО НК «Роснефть» // Роснефть : [сайт]. URL: <https://www.rosneft.ru/press/news/item/195043/>. Дата публикации 21.05.2019.
- Савосин 2019 — *Савосин, Д.* Газпромнефть-Оренбург создает цифровое месторождение / Д. Савосин // Neftegaz.RU : [сайт]. URL: <https://neftgaz.ru/news/tsifrovizatsiya/513068-gazpromneft-orenburg-sozdaet-tsifrovoe-mestorozhdenie-/>. Дата публикации 12.12.2019.
- Цифровизация как изменение парадигмы н.д./2019 — Цифровизация как изменение парадигмы : интервью с Алексеем Мареем // Boston Consulting Group : [сайт]. URL: <https://www.bcg.com/ru-ru/about/bcg-review/digitalization.aspx> (дата обращения 18.12.2019).

TRENDS AND EXAMPLES OF CORPORATE DIGITALIZATION

Abstract. The relevance of the study is due to the development of digital technologies in the world and in Russia. In this regard, this article is aimed at identifying trends, risks, problems and benefits considered and analyzing examples of the use of corporate digitalization in global and Russian industry.

The leading approach to the study of this problem is the analysis of corporate digitalization trends, which allows us to comprehensively consider the future for digital transformation.

The article substantiates the main directions of development of corporate digitalization, reveals the differences between digitalization and automation, discloses the main directions of digitalization of state enterprises in the Russian Federation, presents 7 examples of the effective implementation of Big Data, PLM and IIoT in industry

The materials of this article are of practical value for large industrial companies, involving the digitalization of the production and financial processor in the future.

Key words: digitalization and automation, corporate digitalization, examples of digitalization, digital counterparts.

JEL: M15, M21

1 **Pavlova Irina Vladimirovna** – Doctor of Sci. (Econ.), Professor. Financial University. Moscow, Russia.

E-mail: pr.pavlova@mail.ru. ORCID 0000-0002-4292-7934; SPIN-код: 3591-3681.

References

Alizar, A. Goskompanii RF pridetsya vnedryat' mashinnoye obucheniye i tsifrovyykh dvoynikov [State-owned companies of the Russian Federation will have to introduce machine learning and digital doubles]. A. Alizar. *Habr* : [website]. URL: <https://habr.com/en/news/t/453604/>. Publication date 05/27/2019 (in Russian).

Balashova, A. Minkomsvyaz' napisala metodichku po tsifrovym strategiyam dlya goskompaniy [Minkomsvyaz wrote a manual on digital strategies for state-owned companies] Anna Balashova, Alexandra Posypkina. *RBC* : [website]. URL: https://www.rbc.ru/technology_and_media/27/05/2019/5ce825f99a7947aaec2e09ae. Publication date 05/27/2019 (in Russian).

Vichugova, A. A. Razrabotka modeli dannykh informatsionnoy sistemy podderzhki zhiznennogo tsikla izdeliy dlya zadach kosmicheskogo priborostroyeniya [Development of a data model for an information system for supporting the product life cycle for space instrumentation]. A. A. Vichugova. *Programmnyye produkty i sistemy = Software & Systems*, 2013, No. 3. P. 209–215. ISSN: 0236-235X (in Russian).

Vichugova, A. A. Kak Big Data i Machine Learning v neftegazovoy otrasli ekonomit milliardy [How Big Data and Machine Learning saves billions in the oil and gas industry]. A. A. Vichugova. *Big Data School* : [website]. URL: <https://www.bigdataschool.ru/bigdata/machine-learning-in-oil-and-gas-industry.html>. Publication date 02/11/2019 (in Russian).

Vichugova, A. A. Data Like na 5-ku: ozero dannykh dlya zreloy kompanii [Data Like on the 5th: data lake for a mature company]. A. A. Vichugova. *Big Data School* : [website]. URL: <https://www.bigdataschool.ru/bigdata/cmml-data-lakes.html>. Publication date 02/10/2019 (in Russian).

Vladimirova, O. N. Tsifrovyye innovatsionnyye proyekty v razvitii konkurentnykh preimushchestv organizatsiy [Digital innovative projects in the development of competitive advantages of organizations]. O. N. Vladimirova, M. V. Kravchenko. *Ekonomika i sovremennyy menedzhment: v poiskakh novoy modeli innovatsionnogo razvitiya* [Economics and modern management: in search of a new model of innovative development]. A. M. Abrekova [et al.]; Crimean Federal University named after V. I. Vernadsky. Penza: Nauka i prosveshcheniye Publ., 2019. P. 4-41. ISBN: 9785001591726 (in Russian).

Zabolotnyi, V. E. Tsifrovizatsiya i avtomatizatsiya v upravlenii proizvodstvennymi protsessami [Digitalization and automation in the management of production processes]. V. E. Zabolotny. *Problemy i perspektivy razvitiya Rossii : molodezhnyy vzglyad v budushcheye* [Problems and prospects of development of Russia: youth look into the future] : collection of scientific articles of the 2nd All-Russian Scientific Conference. South-West State University; Moscow Polytechnic University; Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev. Kursk : Southwestern State University Publ., 2019 (in Russian).

Kuznetsova, S. V. Preimushchestva primeneniya tekhnologii "tsifrovyykh dvoynikov" v zarubezhnom i otechestvennom proizvodstve [Advantages of the use of digital double technology in foreign and domestic production] / S. V. Kuznetsova. *Problemy ekonomiki, finansov i upravleniya proizvodstvom* [Problems of Economics, Finance and Production Management] : a collection of scientific papers of Russian universities. No. 45. Ivanovo : Ivanovo State University of Chemical Technology Publ., 2019. P. 49–57 (in Russian).

Kulyasova, E. V. Tsifrovizatsiya promyshlennykh predpriyatiy: vozmozhnosti i ugrozy novoy real'nosti [Digitalization of industrial enterprises: opportunities and threats of a new reality]. E. V. Kulyasova, Z. V. Vdovenko. *Uchenyye zapiski Rossiyskoy akademii predprinimatel'stva* [Scientific notes of the Russian Academy of Entrepreneurship]. ISSN 2073-6258. 2019, vol. 18, No. 3, P. 98–110 (in Russian).

Maksimov, V. Modelirovaniye raboty real'noy TETs dlya optimizatsii rezhimov: par i matematika [Modeling the operation of a real thermal power plant for optimization of modes: steam and mathematics]. V. Maksimov. *Khabr* : [website]. URL: <https://habr.com/en/company/croc/blog/481902/>. Publication date 12/26/2019 (in Russian).

Mosto, M. Tsifrovyye dvoyniki otkryvayut novyye vozmozhnosti dlya priborostroyeniya i elektronnoy promyshlennosti [Digital doubles open up new possibilities for instrumentation and the electronics industry]. Maria Mosto. *Control Engineering Russia* : [website]. URL: <https://controlengrussia.com/innovatsii/novye-vozmozhnosti/>. Publication date 06/19/2019 (in Russian).

Peshkova, I. Kak tsifrovyye dvoyniki pomogayut rossiyskoy promyshlennosti / Irina Peshkova [How digital doubles help Russian industry]. Irina Peshkova. *Rusbase* : [website]. URL: <https://rb.ru/longread/digital-twin/>. Publication date 03/26/2019 (in Russian).

Rosneft' zapustila proyekt "Tsifrovoye mestorozhdeniye" v Bashkirii [Rosneft launched the Digital Field project in Bashkiria]. Rosneft Information Policy Division. *Rosneft* : [website]. URL: <https://www.rosneft.ru/press/news/item/195043/>. Publication date 05/21/2019 (in Russian).

Savosin, D. Gazpromneft'-Orenburg sozdayet tsifrovoye mestorozhdeniye [Gazpromneft-Orenburg creates a digital field] D. Savosin. *Neftegaz.RU* : [website]. URL: <https://neftegaz.ru/news/tsifrovizatsiya/513068-gazpromneft-orenburg-sozdaet-tsifrovoe-mestorozhdenie-/>. Publication date 12/12/2019 (in Russian).

Tsifrovizatsiya kak izmeneniye paradigmy : interv'y u s Alekseyem Mareyem [Digitalization as a paradigm shift : interview with Alexei Marey. *Boston Consulting Group* : [website]. URL: <https://www.bcg.com/ru-ru/about/bcg-review/digitalization.aspx> (accessed 12/18/2019) (in Russian).