

УДК 65.011.56

**ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ РАЗВИТИЯ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ XXI ВЕКА**

**DIGITAL TRANSFORMATION AS A TOOL FOR INDUSTRIAL
ENTERPRISES DEVELOPMENT IN THE XXI CENTURY**

О.Ю. Сергеева, Р.Г. Шарафиев, Г.Ф. Исламгулова

**Уфимский государственный нефтяной технический университет,
Уфа, Российская Федерация**

Olesya Yu. Sergeeva, Robert G. Sharafiev, Galiya F. Islamgulova

Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russian Federation

e-mail: olesya_yr@mail.ru

Аннотация. На сегодняшний день 83 % российских организаций используют широкополосный интернет в производственных процессах, 63 % предприятий применяют технологии электронного обмена данными. Процент освоения более сложных технологий в производстве у российских предприятий гораздо ниже: использование «облачных» сервисов составляет 23 %, ERP-системы – более 12 %, RFID-технологии – 5 % (по данным Росстата, НИУ ВШЭ, 2018).

По цифровому развитию Россия входит в топ-50 основных международных рейтингов. По отдельным позициям за период 2012-2018 гг. показатели значительно снизились: индекс развития электронного правительства EGDI упал с 27-го до 35-го места, индекс развития ИКТ IDI с 41-го снизился до 43-го, по глобальному индексу кибербезопасности GCI Россия заняла 10-е место в 2016 году (по данным НИУ ВШЭ, 2018).

Цифровизация производственных процессов создает условия для эффективного использования ресурсов, разработки и создания

специальных объектов, оценка которых равносильна стоимости изделий массового производства. Технологические вычислительные системы, строящиеся на принципах квантовых эффектов, позволят в корне изменить методы передачи и обработки большого объема данных. На протяжении всего жизненного цикла изделия используется компьютерный инжиниринг, в основе которого лежат технологическое цифровое моделирование и проектирование объектов, а также производственных процессов. В статье рассмотрены принципы цифрового производства, алгоритм производственной цифровизации, составляющие индекса зрелости промышленного предприятия. Проведен структурный анализ PLM-системы, являющейся технологией управления жизненным циклом товара.

Abstract. Today, 83 % of Russian organizations use broadband Internet in production processes, 63 % of enterprises use electronic data exchange technologies. The percentage of development of more complex technologies in production at Russian enterprises is much lower: the use of cloud services is 23 %, ERP systems – more than 12 %, RFID technologies – 5 % (according to Rosstat, NRU HSE, 2018).

In terms of digital development, Russia is in the top 50 major international rankings. For certain items for the period 2012-2018 indicators decreased significantly: the EGDI e-government development index fell from 27th to 35th place, the IDI ICT development index from 41st dropped to 43rd, Russia took 10th place in 2016 in the global cyber security index GCI (according to NRU HSE, 2018).

Digitalization of production processes creates the conditions for the efficient use of resources, the development and creation of special facilities, the assessment of which is equivalent to the cost of mass-produced products. Technological computing systems based on the principles of quantum effects will fundamentally change the methods of transmission and processing of large amounts of data. Throughout the product's life cycle, computer engineering,

which is based on technological digital modeling and design of facilities, as well as production processes, is used. The article discusses the principles of digital production, the algorithm of industrial digitalization, which make up the maturity index of an industrial enterprise. The structural analysis of the PLM system, which is the technology of product life cycle management, is carried out.

Ключевые слова: цифровое производство; цифровая трансформация; интеллектуально-информационные системы; автоматизированные системы управления; гибкое промышленное предприятие

Key words: digital production; digital transformation; intellectual information systems; automated control systems; flexible industrial enterprise

В России запущена масштабная системная программа развития экономики нового технологического поколения на базе промышленной концепции «Индустрия 4.0» путем ее цифровизации и реструктуризации, используя инновационные инструменты и механизмы [1–4].

Государственная концепция социально-экономического развития РФ строится на развитии конкурентоспособной промышленности России и эффективных технологических платформах, повышении эффективности и конкурентоспособности экономики России [3–6] за счет решения следующих задач (Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года»):

- увеличить затраты на цифровизацию экономики РФ за счет внутренних резервов не менее чем в 3 раза (в доленом валом продукте) по отношению к 2017 году;

- сформировать надежную и безопасную информационно-телекоммуникационную систему высокоскоростной передачи, обработки и

хранения больших объемов данных, доступных для любых организаций и домохозяйств.

Цифровое производство – это новая модель промышленного развития XXI века на основе цифровых технологий, которая уже в определенной степени функционирует в виде производственной системы, создающей продукцию и услуги на неорынках, способствующих улучшению комфортной жизни человека, населения [5, 7–9]. Трансформация цифровизации производства даст возможность сформировать постоянно совершенствующееся, гибкое предприятие, способное адаптироваться к новым условиям неорынков путем реконструкции технологических процессов, профориентационного переобучения. Цифровизация предприятия «будет способствовать повышению производительности ресурсов, эффективности производства и появлению гибких моделей организации трудовой деятельности, способных изменить и усовершенствовать любой аспект жизни людей в плане безопасности, надежности, удобства и по многим другим критериям» [1, 10].

Цифровизация и ее трансформация в производство вносит новые характеристики высокотехнологичного производства [8, 11, 12], основой которого является информационная модель (ИМ) цифрового производства. ИМ предполагает переход существующих производств на цифровые и высокотехнологичные процессы, координируемые интеллектуальными системами во временном аспекте и взаимодействуя с внешней окружающей средой, создавая новый организационный уровень производства и управления в течение всего жизненного цикла выпускаемой продукции [13–15]. ИМ строится на масштабном исследовании производственно-информационных потоков, алгоритмов обработки информации, элементов автоматизации в целях совершенствования информационной системы путем отбора технических средств и которая опирается на принципы [1]:

- принцип реципрокации и взаимодействия – это возможность устройств, машин и людей объединяться и коммуницировать через «Интернет вещей (IoT)» или «Интернет людей (IoP)»;

- принцип информационной транспарентности – создание информационными системами цифровых моделей виртуальных копий физических процессов на основе данных, получаемых с датчиков и сенсоров;

- принцип технической поддержки – агрегирование и визуализация информационных потоков для принятия стратегических мер по устранению возникших проблем, использование киберфизических систем для решения ряда задач;

- принцип децентрализованных выводов – принятие киберфизическими системами самостоятельных решений и автономное решение поставленных задач, интегрируя вычислительные ресурсы в физические процессы и применяя технологии киберфизических систем.

Производственная цифровизация на основе концепции «Индустрия 4.0» включает в себя:

1. Компьютеризацию технологического оборудования и рабочих мест персонала предприятия;

2. Подсоединение активов предприятия к интеллектуально-информационным системам (CAD, PDM, ERP, EAM и др.) для обеспечения управления производственно-технологическими процессами;

3. Создание единого информационного пространства, в который включены системы, персонал, технологическое оборудование с целью автоматизации принятия решений, предоставления многоаспектных данных для предиктивного анализа и формирования предпосылок по внедрению искусственного интеллекта.

На рисунке 1 представлена трансформация цифровых преобразований производства.

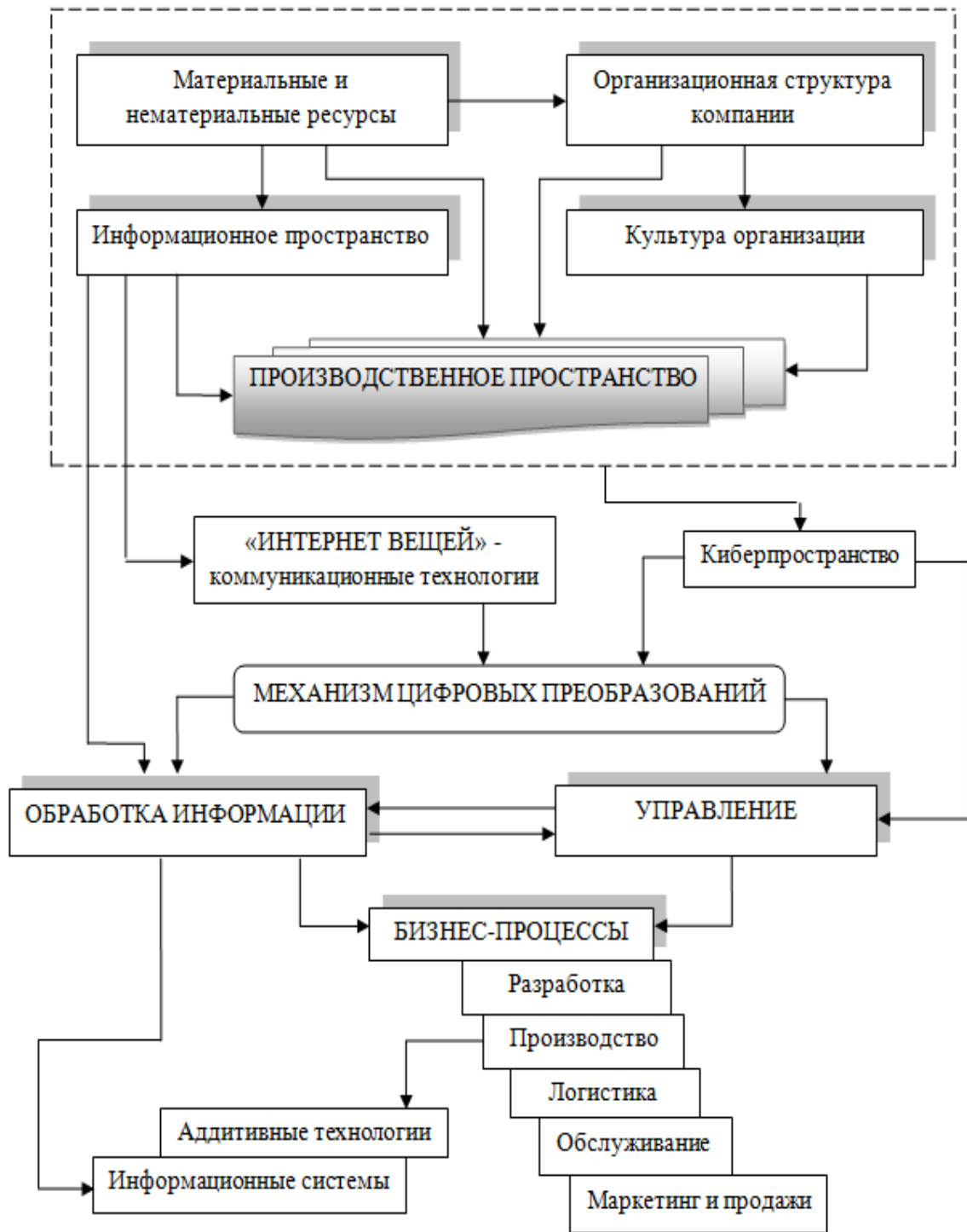


Рисунок 1. Трансформация цифровых преобразований производства
 (авторская версия)

Готовность предприятия к цифровизации производственных процессов определит анализ текущего состояния, что позволит дать оценку технологической составляющей, организационной структуре и установить

индекс зрелости предприятия [16], который определит, на каком этапе цифровой трансформации во временном аспекте находится организация.

Индекс зрелости предприятия базируется на следующих составляющих [16]:

- материальные и нематериальные ресурсы;
- организационная структура;
- культура организации;
- информационные системы.

Цифровые активы системы управления – это организованное хранилище корпоративной информации, необходимой для производственно-технологических процессов и создаваемой прикладными системами управления для повышения их эффективности [17, 18].

Цифровизация промышленного производства предполагает многоуровневую производственную систему, интегрированную в единое информационное пространство физических операций и сопутствующих процессов: виртуальное моделирование, «интернет вещей», робототехника, искусственный интеллект, «большие данные», технологии «облачных» вычислений, предиктивная аналитика и т.д.

Цифровое производство основывается как на системах управления производственными процессами (MOS/MES) и жизненным циклом (PLM) выпускаемой продукции, так и на дальнейшем обслуживании. PLM-система объединяет технологические средства информационной поддержки изделий на всех этапах их жизненного цикла, обеспечивая автоматизированную взаимосвязь различных производителей и других предприятий, являясь, таким образом, основой интеграции информационного пространства, в котором функционируют ERP, PDM, SCM, CRM и др. системы промышленных предприятий (рисунок 2).

Использование технологии управления жизненным циклом изделия (PLM) в сложных технологических процессах является одним из основных условий повышения конкурентоспособности предприятия путем роста

качества выпускаемой продукции. Применение PLM-системы способствует отслеживанию каждой партии продукции, предусматривая все этапы производственных процессов, отгрузку и эксплуатацию, утилизацию по окончании срока службы изделия, а также архивацию необходимой информации.

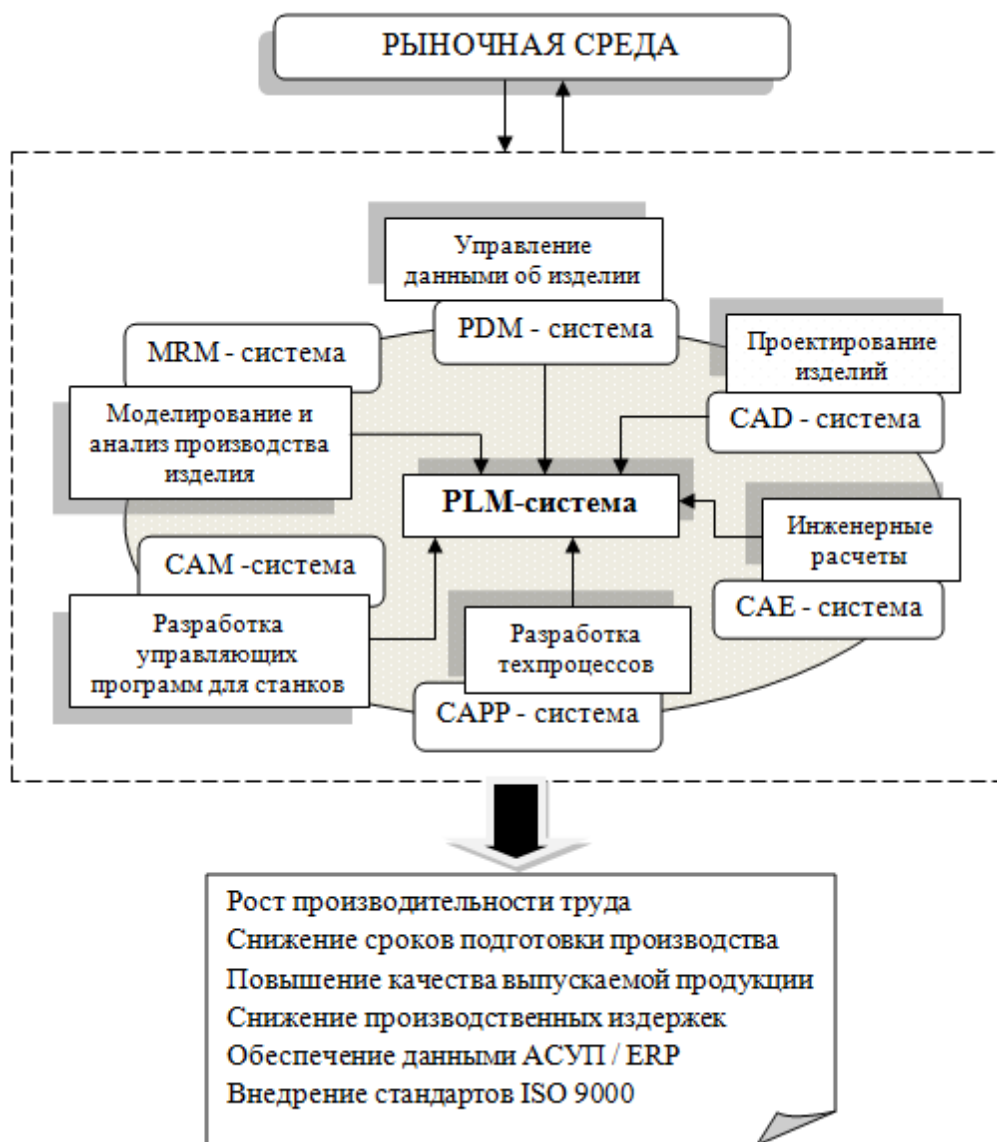


Рисунок 2. Концепция PLM-системы (авторская версия)

Весомую роль в цифровом производстве играют технологии «интернета вещей» – это «системы вычислительной сети физических предметов (вещей), содержащие встроенные коммуникационные

технологии, исключив участие человека в отдельных операционных процессах» [5, 7, 19]. По данным исследования компании McKinsey, экономический эффект от использования технологий «интернета вещей» к 2025 году может составить 1,2-3,7 трлн \$.

По мнению С. Чуранова, директора ООО ИЦ «Станкосервис», необходимым условием для формирования на промышленном предприятии цифрового производства является необходимость создания единого информационного пространства, в котором автоматизированные системы управления и производственное оборудование оперативно и своевременно могли бы обмениваться технологической информацией, т.е. быть функционально взаимосвязанными. Классическими уровнями управления являются: бизнес-уровень (ERP), производственный уровень (MES), технологический уровень (CAM/CAE, PDM), уровень проектирования (CAD).

На рисунке 3 представлена модель управления цифровым производством.



Рисунок 3. Уровни управления цифровым производством
 Источник [7]

Ключевым уровнем управления цифровым производством в соответствии с концепцией «Индустрия 4.0» являются системы MDC (Machine Data Collection), в которых в автоматическом режиме проводится

мониторинг работы технологического оборудования, кадрового персонала, технологического процесса, а также контроль. На рисунке 3 представлена модель управления цифрового производства.

На первых трех уровнях автоматизация проводится на основе систем контроля и управления цифровым производством. Уровень проектирования и технологический уровень являются механизмом автоматизированной подготовки производства. Алгоритм функциональной взаимосвязи в едином информационном пространстве прослеживается по этапам:

1 этап – разработка чертежей и трехмерной модели изделия проводится в системе CAD;

2 этап – совместная работа по изделию, его технологическая проработка осуществляется в PDM-системе;

3 этап – передача конструкторско-технологической спецификации в систему ERP для расчета потребности необходимых материалов, производственных мощностей, формирования заказов на закупку и производство. Система ERP способствует созданию гибких производственно-технологических процессов, т.к. рынок подвержен быстрым изменениям на спрос потребителей; разработке новых стратегических планов; внедрению цифровых технологий с целью повышения конкурентоспособности продукции и доли рынка; проведению мониторинга и анализа полученной информации с целью ее дальнейшего изучения и использования для реализации поставленных целей и задач; делая акцент на мобильность и социальность, применяя «облачные» технологии, упрощенные интерфейсы;

4 этап – планирование производства изделий, формирование графика загрузки оборудования проводится в системе MES.

Система MDC – система мониторинга, которая является связующим звеном в едином информационном пространстве. MDC-система аккумулирует данные всего производственно-технологического процесса

во временном аспекте с целью повышения эффективности управления производством. Для менеджеров предприятия эта система служит инструментом контроля и принятия управленческих решений.

Системы мониторинга выполняют посредническую функцию между технологическим оборудованием и системами MES, а также функции контроля производственных процессов, управления простоями и контроля энергоэффективности. Системы MDC способствуют оптимизации производственных процессов путем увеличения коэффициента загрузки оборудования, сокращения простоев и получения экономического эффекта. Системы мониторинга – инструмент эффективного и оперативного управления финансово-хозяйственной и производственной деятельностью предприятия [7].

Таким образом, цифровизация производства способствует росту конкуренции выпускаемой продукции, инвестиций и инноваций, производительности труда, снижению издержек, созданию новых рабочих мест и, как следствие, снижению уровня бедности и социального неравенства. Трансформация цифровизации предприятия даст возможность сформировать постоянно совершенствующуюся, гибкую компанию, способную адаптироваться к новым условиям неорынков путем реконструкции технологических процессов, организационного переобучения [20–22].

Выводы

1. В соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» необходимо увеличить расходы на цифровизацию экономики РФ за счет внутренних резервов не менее чем в 3 раза, сформировать надежную и безопасную информационно-телекоммуникационную систему высокоскоростной передачи, обработки и хранения больших объемов данных.

2. Трансформация цифровизации промышленного производства даст возможность сформировать постоянно совершенствующееся, гибкое предприятие, способное адаптироваться к новым условиям неорынков путем реконструкции технологических процессов, профориентационного переобучения.

3. Производственная цифровизация включает в себя: компьютеризацию технологического оборудования и рабочих мест персонала предприятия; подключение активов предприятия к интеллектуально-информационным системам (CAD, PDM, ERP, EAM и др.) для обеспечения управления производственно-технологическими процессами, создания единого информационного пространства.

4. Цифровое производство основывается как на системах управления производственными процессами (MOS/MES) и жизненным циклом (PLM) выпускаемой продукции, так и на дальнейшем обслуживании. PLM-система объединяет технологические средства информационной поддержки изделий на всех этапах их жизненного цикла, обеспечивая автоматизированную взаимосвязь различных производителей и других предприятий.

5. Ключевым уровнем управления цифровым производством в соответствии с концепцией «Индустрия 4.0» являются системы MDC (Machine Data Collection), в которых в автоматическом режиме проводятся мониторинг работы технологического оборудования, кадрового персонала, технологического процесса, а также контроль.

Список используемых источников

1. Сергеева О.Ю. Киберфизические системы как технологии субсидиарного управления // Нанотехнологии в строительстве. 2018. Т. 10. № 3. С. 94-106. DOI: 10.15828/2075-8545-2018-10-3-94-106.

2. Kagermann H., Lukas W., Wahlster W. Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. Industriellen Revolution // Ingenieur.de. 01.04.2011. URL: <http://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/EN/Industrie40/WhatIsIndustrie40/what-is-industrie40.html> (дата обращения: 14.11.2019).
3. Plattform Industrie 4.0. URL: <http://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/EN/Industrie40/WhatIsIndustrie40/what-is-industrie40.html> (дата обращения: 15.11.2019).
4. Plattform Industrie 4.0. Digital Transformation «Made in Germany». URL: http://ec.europa.eu/information_society/newsroom/image/document/2016-27/10_pi40_diemer_16494.pdf (дата обращения: 15.11.2019).
5. Сергеева О.Ю. «Индустрия 4.0» как механизм формирования «Умного производства» // Нанотехнологии в строительстве. 2018. Т. 10. № 2. С. 100-113. DOI: 10.15828/2075-8545-2018-10-2-100-113.
6. Кузнецов Д.А., Чернышев М.А., Овчинников В.А. Интеграция индустрии 4.0 в промышленность // Интеллектуальный потенциал XXI века: ступени познания. 2016. № 35. С. 30-35.
7. Чуранов С. Российский путь в цифровое производство, или как мы создаем свою «Индустрию 4.0» / ItWeek. 27.01.2017. URL: <https://www.itweek.ru/iot/article/detail.php?ID=191897> (дата обращения: 16.11.2019).
8. Прохоров А., Коник Л. Цифровая трансформация. Анализ, тренды, мировой опыт. М.: Альянс Принт, 2019. 368 с.
9. Цветков В.Я. Киберфизические системы // International Journal of Applied and Fundamental Research. 2017. № 6. С. 64-65.
10. Черняк Л.С. Киберфизические системы на старте // Открытые системы СУБД. 2014. № 2. С. 10-13.
11. Куприяновский В.П., Добрынин А.П., Синягов С.А., Намиот Д.Е., Уткин Н.А. Трансформация промышленности в цифровой экономике – экосистема и жизненный цикл // International Journal of Open Information Technologies. 2017. Т. 5. № 1. С. 34-49.

12. Куприяновский В.П., Добрынин А.П., Синягов С.А., Намиот Д.Е., Уткин Н.А., Николаев Д.Е. Трансформация промышленности в цифровой экономике – проектирование и производство // International Journal of Open Information Technologies. 2017. Т. 5. № 1. С. 50-70.

13. Сергеева О.Ю. Аддитивные технологии и 3D-моделирование // Нанотехнологии в строительстве. 2018. Т. 10. № 4. С. 142-158. DOI: dx.doi.org/10.15828/2075-8545-2018-10-4-142-158.

14. Аддитивные технологии: настоящее и будущее: матер. IV Междунар. конф. М.: ВИАМ, 2018. 449 с.

15. Гибсон Я., Розен Д., Стакер Б. Технологии аддитивного производства. М.: Техносфера, 2016. 656 с.

16. Шу Г., Андерл Р., Гауземайер Ю., тен Хомпель М., Вальстер В. Индекс зрелости Индустрии 4.0 – Управление цифровым преобразованием компаний. Мюнхен: Herbert Utz Verlag, 2017. 68 с.

17. Шарафиев Р.Г., Сергеева О.Ю. Цифровой нефтеперерабатывающий завод на основе концептуального подхода «индустрия 4.0» // Евразийский юридический журнал. 2019. № 10. С. 373-376.

18. Чехарин Е.Е. Большие данные: большие проблемы // Перспективы науки и образования. 2016. № 3. С. 7-11.

19. Черняк Л.С. Интернет вещей: новые вызовы и новые технологии // Открытые системы. СУБД. 2013. № 4. С. 14-18.

20. Сергеева О.Ю., Сафиуллина М.А., Гарифуллина К.Р., Фисун А.Э., Хисматуллина А.М. Цифровая трансформация бизнеса // Евразийский юридический журнал. 2019. № 11. С. 402-404.

21. Ястреб Н.А. Индустрия 4.0: киберфизические системы и интернет вещей // Человек в технической среде: сб. науч. ст. Вологда: ВоГУ, 2015. С. 136-141.

22. Кудж С.А., Цветков В.Я. Сетецентрическое управление и киберфизические процессы // Образовательные ресурсы и технологии. 2017. № 2 (19). С. 86-92. DOI: 10.21777/2500-2112-2017-2-86-92.

References

1. Sergeeva O.Yu. Kiberfizicheskie sistemy kak tekhnologii subsidiarnogo upravleniya [Cyberphysical Systems as Technology Subsidiarian Administration]. *Nanotekhnologii v stroitel'stve – Nanotechnologies in Construction*, 2018, Vol. 10, No. 3, pp. 94-106. DOI: 10.15828/2075-8545-2018-10-3-94-106. [in Russian].
2. Kagermann H., Lukas W., Wahlster W. Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. Industriellen Revolution. *Ingenieur.de*. 01.04.2011. Available at: <http://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/EN/Industrie40/WhatIsIndustrie40/what-is-industrie40.html> (accessed 14.11.2019).
3. Plattform Industrie 4.0. Available at: <http://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/EN/Industrie40/WhatIsIndustrie40/what-is-industrie40.html> (accessed 15.11.2019).
4. Plattform Industrie 4.0. Digital Transformation «Made in Germany». URL: http://ec.europa.eu/information_society/newsroom/image/document/2016-27/10__pi40_diemer_16494.pdf (accessed 15.11.2019).
5. Sergeeva O.Yu. «Industriya 4.0» kak mekhanizm formirovaniya «Umnogo proizvodstva» [«Industry 4.0» as a Mechanism for Forming «Smart Production»] *Nanotekhnologii v stroitel'stve – Nanotechnologies in Construction*, 2018, Vol. 10, No. 2, pp. 100-113. DOI: 10.15828/2075-8545-2018-10-2-100-113. [in Russian].
6. Kuznetsov D.A., Chernyshev M.A., Ovchinnikov V.A. Integratsiya industrii 4.0 v promyshlennost' [Integrating Industry 4.0 into Industry]. *Intellektual'nyi potentsial XXI veka: stupeni poznaniya – The Intellectual Potential of the 21st Century: Levels of Cognition*, 2016, No. 35, pp. 30-35. [in Russian].

7. Churanov S. Rossiiskii put' v tsifrovoe proizvodstvo, ili kak my sozdaem svoyu «Industriyu 4.0» [The Russian Way to Digital Production, or How We Create Our Own «Industry 4.0»]. *ItWeek*. 27.01.2017. Available at: <https://www.itweek.ru/iot/article/detail.php?ID=191897> (accessed 16.11.2019). [in Russian].
8. Prokhorov A., Konik L. *Tsifrovaya transformatsiya. Analiz, trendy, mirovoi opyt* [Digital Transformation. Analysis, Trends, World Experience]. Moscow, Al'yans Print Publ., 2019. 368 p. [in Russian].
9. Tsvetkov V.Ya. Kiberfizicheskie sistemy [Cyber Physical Systems]. *International Journal of Applied and Fundamental Research*, 2017, No. 6, pp. 64-65. [in Russian].
10. Chernyak L.S. Kiberfizicheskie sistemy na starte [Cyber-Physical Systems at the Start]. *Otkrytye sistemy SUBD – Open Systems DBMS*, 2014, No. 2, pp. 10-13. [in Russian].
11. Kupriyanovskii V.P., Dobrynin A.P., Sinyagov S.A., Namiot D.E., Utkin N.A. Transformatsiya promyshlennosti v tsifrovoi ekonomike – ekosistema i zhiznennyi tsikl [Industries Transformation in the Digital Economy – the Ecosystem and Life Cycle]. *International Journal of Open Information Technologies*, 2017, Vol. 5, No. 1, pp. 34-49. [in Russian].
12. Kupriyanovskii V.P., Dobrynin A.P., Sinyagov S.A., Namiot D.E., Utkin N.A., Nikolaev D.E. Transformatsiya promyshlennosti v tsifrovoi ekonomike – proektirovanie i proizvodstvo [Industries Transformation in the Digital Economy – the Design and Production]. *International Journal of Open Information Technologies*, 2017, Vol. 5, No. 1, pp. 50-70. [in Russian].
13. Sergeeva O.Yu. Additivnye tekhnologii i 3D-modelirovanie [Additive Technologies and 3d Modeling]. *Nanotekhnologii v stroitel'stve – Nanotechnologies in Construction*, 2018, Vol. 10, No. 4, pp. 142-158. DOI: [dx.doi.org/10.15828/2075-8545-2018-10-4-142-158](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2018-10-4-142-158). [in Russian].

14. *Additivnye tekhnologii: nastoyashchee i budushchee: materialy IV mezhdunarodnoi konferentsii* [Additive Technologies: Present-Day and the Future: Proceedings the IV International Conference]. Moscow, VIAM Publ., 2018. 449 p. [in Russian].

15. Gibson Ya., Rozen D., Staker B. *Tekhnologii additivnogo proizvodstva* [Additive Manufacturing Technologies]. Moscow, Tekhnosfera Publ., 2016. 656 p. [in Russian].

16. Shu G., Anderl R., Gauzemaier Yu., ten Khompel M., Valster V. *Indeks zrelosti Industrii 4.0 – Upravlenie tsifrovym preobrazovaniem kompanii* [Industry 4.0 Maturity Index – Management of Digital Transformation of Companies]. Munich, Herbert Utz Verlag Publ., 2017. 68 p. [in Russian].

17. Sharafiev R.G., Sergeeva O.Yu. Tsifrovoy neftepererabatyvayushchii zavod na osnove kontseptual'nogo podkhoda «industriya 4.0» [Digital oil Refinery on the Basis of a Conceptual Approach «Industry 4.0»]. *Evraziiskii yuridicheskii zhurnal – Eurasian Law Journal*, 2019, No. 10, pp. 373-376. [in Russian].

18. Chekharin E.E. Bol'shie dannye: bol'shie problemy [Big Data: Big Problems]. *Perspektivy nauki i obrazovaniya – Perspectives of Science and Education*, 2016, No. 3, pp. 7-11. [in Russian].

19. Chernyak L.S. Internet veshchei: novye vyzovy i novye tekhnologii [The Internet of Things: New Challenges and New Technologies]. *Otkrytye sistemy. SUBD – Open Systems. DBMS*, 2013, No. 4, pp. 14-18. [in Russian].

20. Sergeeva O.Yu., Safiullina M.A., Garifullina K.R., Fisun A.E., Khismatullina A.M. Tsifrovaya transformatsiya biznesa [Digital Business Transformation]. *Evraziiskii yuridicheskii zhurnal – Eurasian Law Journal*, 2019, No. 11, pp. 402-404. [in Russian].

21. Yastreb N.A. Industriya 4.0: kiberfizicheskie sistemy i internet veshchei [Industry 4.0: Cyber-Physical Systems and the Internet of Things]. *Sbornik nauchnykh statei «Chelovek v tekhnicheskoi srede»* [Collection of Scientific Articles «Man in the Technical Environment»]. Vologda, VoGU Publ., 2015, pp. 136-141. [in Russian].

22. Kudzh S.A., Tsvetkov V.Ya. Setetsentricheskoe upravlenie i kiber-fizicheskie protsessy [Network-Centric Control and Cyber-Physical Systems]. *Obrazovatel'nye resursy i tekhnologii – Educational Resources and Technologies*, 2017, No. 2 (19), pp. 86-92. DOI: 10.21777/2500-2112-2017-2-86-92. [in Russian].

Сведения об авторах

About the authors

Сергеева Олеся Юрьевна, старший преподаватель кафедры «Экономическая теория», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Olesya Yu. Sergeeva, Senior Lecturer of Economic Theory Department, USPTU, Ufa, Russian Federation

e-mail: olesya_yr@mail.ru

Шарафиев Роберт Гарафиевич, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры «Технология нефтяного аппаратостроения», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Robert G. Sharafiev, Doctor of Engineering Sciences, Professor of Oil Processing Equipment Technology Department, USPTU, Ufa, Russian Federation

e-mail: sharafiev47@mail.ru

Исламгулова Галия Файзеевна, старший преподаватель кафедры «Математика», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Galiya F. Islamgulova, Senior Lecturer of Mathematics Department, USPTU, Ufa, Russian Federation

e-mail: tetgale@mail.ru