

ТЕХНОЛОГИИ БУДУЩЕГО: УМНЫЕ ПРОИЗВОДСТВА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

С. Б. Баурина

Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова,
Москва, Россия

Следуя глобальным тенденциям виртуализации производства в рамках концепции четвертой промышленной революции промышленные предприятия, сталкиваясь с новыми вызовами и задачами, в целях сохранения конкурентоспособности вынуждены менять производственные процессы. Стандартные подходы к управлению производством не в состоянии удерживать доходность предприятий на желаемом уровне. Уровень глобализации растет за счет беспрецедентного развития информационных технологий. Статья посвящена комплексному анализу современных тенденций развития наукоемких промышленных технологий, определению новых приоритетных трендов формирования умных производств в промышленности России. Автором показана востребованность автоматизации технологических процессов на промышленных предприятиях России, выявлены возможности и обоснована практическая необходимость использования искусственного интеллекта в промышленном производстве и внедрения на российских предприятиях смарт-производств. Представлены успешные практики внедрения технологий IoT на российских и зарубежных предприятиях. Определены целевые показатели для приоритетных производственных технологий в рамках федерального проекта «Цифровые технологии»: технологии умного производства (Smart Manufacturing); цифровое проектирование, математическое моделирование и управление жизненным циклом изделия или продукции (Smart Design); манипуляторы и технологии манипулирования. Конкретизированы технология построения комплексной архитектуры и стратегии использования смарт-производства, а также целевые показатели на период до 2024 г. по главным технологическим трендам развития смарт-производств в России. Определены возможности формирования смарт-потенциала и его стратегического использования в интересах развития промышленного производства. Автор дополняет имеющиеся экономико-теоретические представления по цифровизации промышленного производства и проблемам внедрения умных технологий. Полученные результаты и выводы могут быть использованы высшим менеджментом компаний при определении направлений и разработке стратегий развития промышленных производств.

Ключевые слова: автоматизация, промышленное предприятие, искусственный интеллект, смарт-производство, технология IoT, цифровые технологии, цифровое проектирование, математическое моделирование, умное производство, манипуляторы, технологии манипулирования, архитектура.

TECHNOLOGIES OF THE FUTURE: SMART PRODUCTION IN INDUSTRY

Svetlana B. Baurina

Plekhanov Russian University of Economics,
Moscow, Russia

In line with global trends of virtual production within the frames of the 4-th industrial revolution concept industrial enterprises facing new challenges and objectives have to transform their production processes in order to support competitiveness. Standard approaches to production management cannot retain enterprise profitability on the desirable level. Globalization rate increases at the expense of unprecedented development of information technologies. The article analyzes today's trends of science-intensive industrial technology development, finding new priority lines in devising smart manufacturing in Russian industry. The author demonstrates the demand in technological process automation at industrial enterprises in Russia, shows opportunities and grounds practical necessity of using artificial intellect in manufacturing and introduction of smart-manufacturing at Russian enterprises. Successful practices of introducing IoT technologies at Russian and overseas enterprises were depicted. The author provides target figures for priority production technologies within the frames of the Federal project 'Digital Technologies': technologies of smart manufacturing (Smart Manufacturing); digital projecting, mathematic modeling and managing the life cycle of product or produce (Smart Design); manipulators and manipulating

technologies. Technology of developing complex architecture and strategy for using smart-manufacturing was identified and target figures for the period up to 2014 by principle technological trends of developing smart-manufacturing in Russia were provided. Opportunities for shaping smart-potential and its strategic use in the interests of production development were described. The author develops the present economic and theoretical ideas dealing with industrial production digitalization and problems of smart technologies introduction. The obtained results and conclusions can be used by top management of corporations in identifying lines and strategies of industrial enterprise development.

Keywords: automation, industrial enterprise, artificial intellect, smart-manufacturing, IoT technology, digital technologies, digital projecting, mathematic modeling, smart-production, manipulators, manipulating technologies, architecture.

Многочисленные нововведения в промышленное производство осуществляются по всему миру для максимальной его модернизации и автоматизации. В связи с преимуществами умных производств происходит их глобальное развитие. Обеспечивая большую связь между промышленными мощностями и максимально автоматизируя технологические процессы, смарт-производства предоставляют производителям практически неограниченные возможности для улучшения работы. Например, некоторые производители используют искусственный интеллект для прогнозирования процента отказов оборудования и повышения производительности труда. Использование удаленных систем мониторинга для слежения за несколькими системами одно-

временно из одного центра позволяет значительно повысить производительность труда. Центры обмена данными расширяют возможности локального обмена информацией между отдельными производственными циклами, что позволяет строить более эффективные алгоритмы обработки данных [3. – С. 56]. Применение современных облачных технологий способно изменить бизнес-модели и создать новые источники доходов. Некоторые более дальновидные производители, внедрившие смарт-технологии IoT, уже получают первые плюсы данных систем. Вместе с тем только 11% производителей внедрили стратегию IoT в производственные процессы. Более того, примерно половина из них все еще не воспринимает основные определения и стратегии IoT (рис. 1).

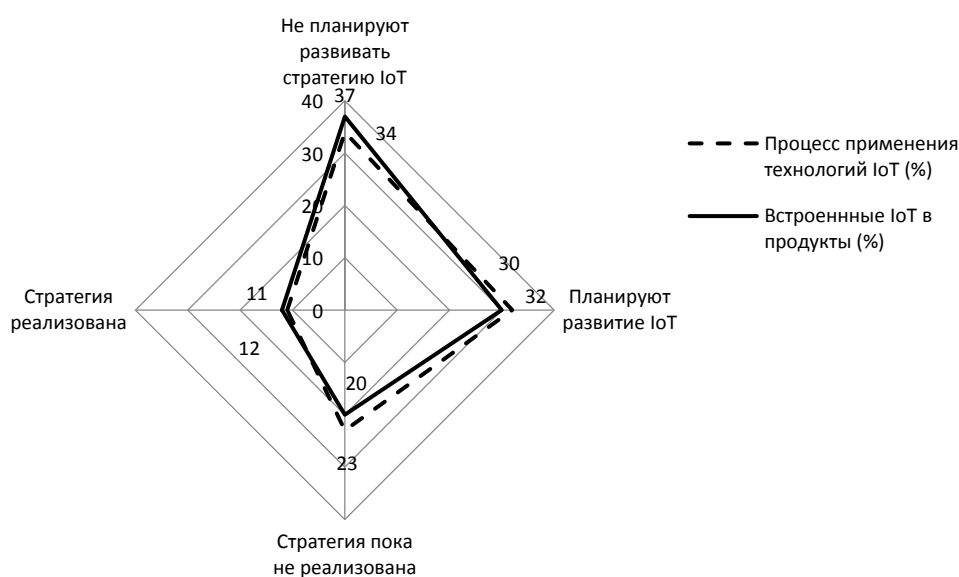


Рис. 1. Степень внедрения промышленных IoT в США

Составлено по данным The MPI Group.

Принятие ключевых перспективных технологий является неотъемлемой частью смарт-производственного подхода. Отдельные инициативы можно увидеть по всему миру, и чаще всего они касаются внедрения технологий IoT, включающих использование постоянно растущего числа интеллектуальных устройств для улучшения качества обработки информации, эффективности, безопасности и сохранности данных, а также стратегию использования облачных вычислений, мобильности и анализа данных.

Завод Bosch в Блайхах производит ABS- и ESP-системы для автомобилей. Здесь в рамках внедрения технологий Индустрии 4.0 применили продукты и технологии, которые позволили за несколько лет удвоить производительность без физического расширения площадей и оборудования, только за счет повышения эффективности¹.

После внедрения технологий умного производства на заводе Mitsubishi Electric в Нагое скорость работы оборудования увеличилась почти на 190%, при этом стоимость производства сократилась более чем на 60%.

В Harley-Davidson каждый этап производственного процесса теперь отслеживается и регистрируется в реальном времени с помощью датчиков, которые контролируют эффективность различного оборудования.

На заводе AMRC в Шеффилде (Великобритания) используются самые передовые технологические достижения: промышленные роботы, гибкая автоматика, человеко-машинные интерфейсы нового поколения.

Благодаря применению новых технологий мониторинга на заводе Intel Fab32 в Аризоне удалось достичь небывалой стерильности среды, в которой производятся микропроцессоры. Воздух в помещениях предприятия в тысячу раз чище, чем в операционной.

Предприятия используют различные технологии для повышения эффективности производства и оптимизации затрат. В России существует много проектов по цифровизации производства, но только некоторые из них дают конкретный экономический эффект.

Новые заводы сейчас строятся в парадигме концепции Индустрии 4.0. Такой подход позволяет предприятиям сразу же внедрять системы более высокого уровня. В большинстве отраслей наметились цифровые лидеры, которые создают дополнительные стимулы к цифровизации: «Иنفосистемы Джет», «Русагро», «Северсталь», «СУЭК», «Роснефть» [12].

Некоторые промышленные лидеры уже выстроили продвинутую аналитику на основе искусственного интеллекта и машинного обучения. В итоге им удалось оптимизировать производство, внедрить предиктивную диагностику, повысить производительность, улучшить качество продукции, ускорить бизнес-процессы.

В 2018 г. компания «СИБУР» применила на своей производственной площадке «Воронежсинтезкаучук» технологии машинного зрения для сортировки выпускаемой продукции. Робот-укладчик в процессе автоматической упаковки продукции распознает марки каучука. Решение позволило повысить уровень автоматизации производства, исключить риск смешения продукции и практически уйти от ручного труда на этапе упаковки.

Компания «Газпром нефть» сократила сроки согласования операций по отгрузке нефти. Аналитическая система управления логистикой в Арктике «Капитан» на основе технологий искусственного интеллекта позволила значительно сократить сроки планирования и согласования операций по отгрузке нефти и оптимизировать транспортные издержки. По итогам опытно-промышленной эксплуатации системы компания добилась снижения затрат на 10% в рамках действующей логистической схемы круглогодичного вывоза нефти арктических сортов.

¹ URL: <https://www.pwc.ru/ru/technology/assets/global>

Компания «ТЕХНОНИКОЛЬ» открыла в Рязани завод по выпуску PIR – современного теплоизоляционного материала на основе пенополиизоцианурата. Эта производственная линия отличается высокими скоростными параметрами. Она позволяет выпускать продукцию, которая отвечает европейским и американским стандартам.

Завод стал одним из самых крупных в Европе. Мощности предприятия позволяют выпускать до 15 млн м² продукции в год. Автоматизация производства находится на очень высоком уровне: на линии работают 8 человек. Еще на этапе проектирования была выполнена система обслуживания оборудования, которая позволила сократить затраты на возможные ремонты, а также свести к минимуму аварийные остановки.

За первые два года внедрения удалось зафиксировать снижение удельного количества простоев в полтора раза за каждый год по отношению к предыдущему. Кроме того, сократились расходы на ремонт, на 50% повысилась скорость проведения закупок товарно-материальных ценностей. Разработанный модуль объединен с существующей системой. Это позволило оптимизировать процессы финансовой отчетности.

Сейчас сотрудники предприятия ведут работы по интеграции учетной системы и промышленного оборудования для сквозного потока информации от оборудования к потребителю информации; расширению системы технического обслуживания и ремонта на мобильные устройства; использованию RPA-ботов для автоматизации рутинных операций.

На предприятии проходит процесс внедрения MES-систем, который связан с получением данных производственного оборудования в момент выпуска готовой продукции и анализом качественных характеристик в разрезе влияния этих параметров¹.

Новые технологии позволяют в значительной мере увеличить производитель-

ность труда, снизить уровень брака, а также добиться стабильного качества выпускаемой продукции. На современном автоматизированном оборудовании предприятие выпускает продукцию, качество которой как минимум соответствует европейским аналогам, а иногда и превосходит их [5. – С. 48]. Таким образом оно сохраняет конкурентоспособность на мировых рынках.

Направление новых производственных технологий включает следующие *субтехнологии*:

- цифровое проектирование, математическое моделирование и управление жизненным циклом изделия или продукции (Smart Design);
- технологии умного производства (Smart Manufacturing);
- манипуляторы и технологии манипулирования.

В дорожной карте «Новые производственные технологии» (в рамках федерального проекта «Цифровые технологии») определены целевые показатели для данных субтехнологий (рис. 2–4).

Для глобальных высокотехнологичных рынков сегодня характерны сокращение сроков вывода новой продукции на рынок, акцент на этап разработки высокотехнологичной продукции, повышение уровня ее наукоемкости, жесткие ограничения по издержкам, высокие требования к потребительским характеристикам.

Разработка и внедрение описанных субтехнологий в России – необходимые условия для присутствия отечественных компаний на глобальных высокотехнологичных рынках.

Технология цифрового двойника, относящаяся к Smart Design, является технологией-интегратором практически всех сквозных цифровых технологий. Именно она обеспечивает технологические прорывы и позволяет высокотехнологичным компаниям переходить на новый уровень технологического и устойчивого развития [19].

¹ URL: <http://www.tadviser.ru/index.php>

Целевой показатель	2019 Текущее состояние	2021 Целевое состояние	2024 Целевое состояние
Количество высокотехнологичных предприятий из приоритетных отраслей промышленности, применяющих технологию разработки цифровых двойников продуктов/изделий и обеспеченных экспертным сопровождением	3	15	100
Количество высокотехнологичных предприятий из приоритетных отраслей промышленности, использующих разработанную PLM-систему	0	5	25
Количество пользователей цифровой платформы разработки цифровых двойников	250	1 000	2 500
Количество прикладных решений, разработанных на платформе полного жизненного цикла	–	10	25

Рис. 2. Целевые показатели для субтехнологии «Цифровое проектирование, математическое моделирование и управление жизненным циклом изделия или продукции (Smart Design)»

Источник рис. 2–4: URL: <https://base.garant.ru/72190282/>

Целевой показатель	2019 Текущее состояние	2021 Целевое состояние	2024 Целевое состояние
Участие человека в подготовке и наладке производства, % от выполняемых операций	100	85	65
MES-система внедрена на высокотехнологичных предприятиях, не менее	–	–	1 000
Количество отраслевых стандартов, разработанных UX	1	2	4
Оснащение системами класса MDC, обеспечивающими получение данных с оборудования в режиме реального времени, в 5 приоритетных отраслях промышленности, %	–	50	75
Количество средних и крупных предприятий обрабатывающих отраслей промышленности, прошедших оценку уровня цифровой трансформации (получивших «цифровые паспорта») и подключенных к сервисам ГИСП, тыс. предприятий	–	5,8	14,4

Рис. 3. Целевые показатели для субтехнологии «Технологии умного производства (Smart Manufacturing)»

Целевой показатель	2019 Текущее состояние	2021 Целевое состояние	2024 Целевое состояние
Точность обработки материалов роботами-манипуляторами, мкм	100	–	10
Скорость деликатного манипулирования, м/с	0,1	–	1
Рынок промышленных робототехнических систем, млрд руб.	8	25	30
Доля отечественных разработчиков промышленной робототехники, %	5	15	30
Количество роботов, задействованных в производстве, на 10 000 работников	4	20	40

Рис. 4. Целевые показатели для субтехнологии «Манипуляторы и технологии манипулирования»

Вместе с тем большинство производителей пока не готовы к внедрению smart-технологий в производство, однако они четко видят возможности и преимущества их использования: улучшение качества продукции; увеличение скорости операций; снижение производственных затрат; улучшение технической надежности; бесперебойная работа и пр. Достижение этих целей требует построения комплексной архитектуры и стратегии использования smart-производства. В частности, производители должны сводить свои системы информационных технологий (ИТ) и технологических операций (ТО) в единую унифицированную сетевую инфраструктуру. Кроме того, они должны определить возможности для использования технологий IoT, которые обеспечивают беспрепятственную связь и обмен информацией между людьми, процессами и вещами [18].

Производители могут гарантировать эффективное управление большими объемами данных, так как это делает работу систем управления более производительной. Концепция включает использование технологий Интернета вещей IoT, подключение систем сбора и анализа данных к облачным системам для улучшения работы с большими объемами данных, необходимых для балансировки производственной деятельности. Компании стремятся создать и внедрить связанные системы IoT для создания smart-производств.

Существуют четыре основных направления эффективного управления:

1. *Повышение производительности и качества.* Программы управления качеством могут создаваться сколько угодно только в том случае, если они основаны на информации, ограниченной или недоступной в режиме реального времени. На производстве подавляющее большинство оборудования, ведущего наблюдение и контроль, работают в режиме реального времени. Более того, эти интеллектуальные устройства активно применяются для повышения качества выпускаемой продукции и поиска дефектов в процессе производства. Более

эффективный контроль и прозрачность производственных процессов с помощью встроенного интеллекта создают новые возможности для повышения производительности. Например, операторы многих заводов и фабрик производят анализ производственных процессов в режиме реального времени. Это помогает выявлять недостатки непосредственно в процессе производства и оперативно их устранять. Менеджеры и логистические специалисты используют smart-производственные технологии для предоставления критически важной информации (например, прогнозы и графики) заказчикам, а также для мониторинга исполнения поставки.

2. *Совершенствование процесса принятия решений.* Наиболее оптимальное решение может быть принято только при обладании оперативной информацией. Тем не менее большинство производителей владеют старыми системами сбора и обработки информации. Эти системы необходимо обновлять до следующего поколения производительности, что включает в себя согласование разрозненных источников данных ТО с их ИТ-системами, извлечение нужных данных из smart-технологий производства и преобразования их в полезную информацию. Производители, которые предприняли шаги по модернизации и приобрели более качественные системы сбора и обработки информации, используют их для оптимизации активов, повышения реакции на быстро изменяющиеся потребности клиентов, усовершенствования рабочих потоков и сокращения расходов. Они приобретают новые стратегические идеи, которые помогают им лучше понять собственный бизнес, среди них:

- определение сильных и слабых эксплуатационных сторон;
- анализ процессов и инициатив по улучшению планирования;
- разработка и внедрение более совершенных систем производства;
- разработка целевых программ подготовки;

– создание систем управления производительностью [2. – С. 83].

3. *Установка безопасных и надежных решений.* Достижение безопасных, совместимых и надежных решений является постоянной проблемой для любого производителя. Смарт-производства открывают новые возможности для решения некоторых из этих извечных проблем. Наиболее очевидные возможности – это замена устаревших и изолированных систем автоматизации, исчерпавших свой жизненный цикл, трудносовместимых с другими системами и более не поддерживаемых изготовителями. Тем не менее перед началом модернизации производитель должен определиться с требованиями к новой смарт-системе на основе прошлого опыта в таких сферах, как травмоопасность для рабочего персонала, время простоя оборудования, перерывов в работе. Исходя из этого можно расставить приоритеты процессов и оборудования при модернизации. Необходимо рассмотреть вопрос об использовании встроенного интеллекта для сбора данных в режиме реального времени, в том числе о состоянии оборудования и отчетности в области качества, безопасности, использования энергии, времени простоя и пр. Различные заинтересованные стороны, например, инженеры по качеству, инженеры по охране труда, специалисты по техническому обслуживанию оборудования, могут использовать эти данные для оптимизации производительности машин, производственных процессов, соблюдения основ охраны труда и пр. Производители также должны позаботиться о процессах совместной работы механизмов, где более мощные и производительные машины смогут вести наблюдение и контроль за большим количеством производственных процессов.

4. *Обеспечение безопасности инфраструктуры.* Большая доступность информации, а также огромное количество точек подключения приводят к риску для производственной среды в виде как внутренних, так и внешних угроз. Современные киберпре-

ступники подвергают атакам не только корпоративные серверы, но и некоторые устройства IoT, что является более опасным для промышленных систем, которые имеют низкую степень защиты [7]. Ни одна методология или технология безопасности не сможет дать стопроцентной гарантии защищенности от перечисленных угроз. Для этого производители должны применять комплексный, углубленный защитный подход, который устанавливает гарантии безопасности на разных уровнях для предотвращения угроз на нескольких фронтах. Надежная и безопасная сетевая инфраструктура должна строиться на стандартной и неизменной сети Ethernet, которая стала более предпочтительной в промышленности. Она должна включать программное обеспечение технического персонала, а также политику строгой безопасности для управления оборудованием.

Таким образом, внедрение умного производства начинается с создания связанной системы промышленных IoT в качестве основы для достижения лучшего обмена информацией. Некоторые из наиболее распространенных вопросов по построению промышленных IoT звучат следующим образом:

1. Какие процессы непрерывного усовершенствования умных производств могут помочь? Это будет зависеть от конкретных операций и бизнес-целей. Для анализа эффективности необходимо учитывать общую эффективность оборудования, время простоя, безопасность труда, потребление энергии.

2. Какой бизнес-процесс трансформации сможет предоставить конкурентное преимущество? Общесистемное подключение может помочь производителям лучше координировать действия на всех уровнях, что позволит создать больше операций, ориентированных на спрос. Более подробная информация о работе механизмов позволяет улучшить процессы технического обслуживания оборудования. Кроме того, автоматизированный сбор

данных и отчетность могут значительно сэкономить время по сравнению с ручной обработкой. Особенно это ощутимо в регулируемых отраслях.

3. Какие организационные изменения необходимы для совершенствования смарт-производства? ИТ/ТО-конвергенции имеют важное значение. Их сближение должно происходить с рабочего процесса. ИТ-персонал и рабочий персонал исторически работали отдельно друг от друга, но движение вперед требует более тесного сотрудничества. Производители должны преодолеть разрыв между этими двумя группами и в то же время обучать их но-

вым навыкам для управления промышленными сетевыми технологиями.

4. В чем состоят выгоды? Мониторинг рабочих операций дает существенные преимущества. Данные могут просматриваться автоматически через заданные промежутки времени на ключевых индикаторах и панелях управления, что существенно улучшит процесс контроля над производственным процессом и качество выходной продукции, снизит количество израсходованных материалов, сэкономит трудовые ресурсы и т. д. Стандартизация сбора данных и отчетности также позволит сравнивать эффективность различных объектов.

Список литературы

1. Абдрасилова Г. С., Умнякова Н. П., Какимжанов Б. Цифровизация экономики и цифровая среда современной архитектуры // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2019. – № 1. – С. 3–13.
2. Багаутдинова Н. Г., Багаутдинова Р. А. Новые конкурентные преимущества в условиях цифровизации // Инновации. – 2018. – № 8. – С. 80–83.
3. Бакаров А. А., Девяткин Д. А., Ершова Т. В., Тихомиров И. А., Хохлов Ю. Е. Научные заделы России по сквозным технологиям цифровой экономики // Информационное общество. – 2018. – № 4. – С. 54–64.
4. Баур К., Ви Д. Следующая ступень развития производства. – URL: <https://www.mckinsey.com>
5. Баурина С. Б., Худяков С. В. Реализация бизнес-процессов на промышленных предприятиях: от теории к практике : монография. – Саранск : Полиграф, 2018.
6. Бриньолфсон Э., Макафи Э. Вторая эра машин: работа, прогресс и процветание в эпоху новейших технологий : пер. с англ. – М. : АСТ, 2017.
7. Вальдхаузен М., Ахвенайнен Э. «Умное» и бережливое производство // Химическая техника. – 2018. – № 5. – URL: <https://chemtech.ru/umnoe-i-berezhlivoe-proizvodstvo/>
8. Гирдюк Д. В., Пересада В. П., Смирнов Н. В., Смирнова Т. Е. Цифровые технологии в экономике – средство использования теории в практике управления // Финансы и бизнес. – 2018. – № 4. – С. 24–35.
9. Грабчак Е. П., Медведева Е. А., Васильева И. Г. Как сделать цифровизацию успешной // Энергетическая политика. – 2018. – Вып. 5. – С. 25–29.
10. Коровин Г. Цифровизация промышленности в контексте новой индустриализации РФ // Общество и экономика. – 2018. – № 1. – С. 47–66.
11. Михневич С. Роботизация экономики: источник роста или фактор усиления социальной напряженности? // Общество и экономика. – 2019. – № 7. – С. 12–20.
12. Моисеев В. Интеллектуализация производства: реальные примеры. – URL: <https://iot.ru/promyshlennost/intellektualizatsiya-proizvodstva-realnye-primery>
13. Урри Дж. Как выглядит будущее? – М. : ИД «Дело» РАНХиГС, 2018.
14. Федотова Г. В. Проблемы цифровизации промышленного сектора // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2019. – Т. 15. – Вып. 2. – С. 273–283.

15. Филин С. А., Кузина А. А. Принципы управления инновационной деятельностью предприятий в России при переходе к «цифровой» экономике // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2018. – Т. 14. – Вып. 3. – С. 507–519.
16. Хохлова М. Н. Новая архитектура цифровой экономики // Экономические стратегии. – 2017. – Т. 19. – № 4. – С. 132–145.
17. Цифровые платформы управления жизненным циклом комплексных систем / ред. В. А. Тупчиенко. – М. : Научный консультант, 2018.
18. Baynev V. V., Fedosin S. A. Surface Presentation Methods in Geometric Models of Light Devices // Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems. – 2019. – Vol. 11. – Issue 2. – P. 460–464.
19. Bayneva I. I. Calculation and Construction of Optical Elements of Light Devices // Journal of Fundamental and Applied Sciences. – 2018. – Vol. 10. – N 6S. – P. 2208–2216.
20. Lu Y., Liu C., Wang K. I.-K., Huang H., Xu X. Digital Twin-Driven Smart Manufacturing: Connotation, Reference Model, Applications and Research Issues // Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. – 2020. – Vol. 61. – February. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2019.101837>
21. Winkelhaus S., Grosse E. H. Logistics 4.0: a Systematic Review Towards a New Logistics System // International Journal of Production Research. – 2020. – Vol. 58. – Issue 1. – January 2. – P. 18–43.

References

1. Abdrasilova G. S., Umnyakova N. P., Kakimzhanov B. Tsifrovizatsiya ekonomiki i tsifrovaya sreda sovremennoy arkhitektury [Economy Digitalization and Digital Environment of Today's Architecture]. *Biosfernaya sovmestimost: chelovek, region, tekhnologii* [Bio-Sphere Compatibility: Man, Region, Technologies], 2019, No. 1, pp. 3–13. (In Russ.).
2. Bagautdinova N. G., Bagautdinova R. A. Novye konkurentnye preimushchestva v usloviyakh tsifrovizatsii [New Competitive Advantages in Conditions of Digitalization]. *Innovatsii* [Innovation], 2018, No. 8, pp. 80–83. (In Russ.).
3. Bakarov A. A., Devyatkin D. A., Ershova T. V., Tikhomirov I. A., Khokhlov Yu. E. Nauchnye zadely Rossii po skvoznym tekhnologiyam tsifrovoy ekonomiki [Scientific Funds of Russia in Through Technologies of Digital Economy]. *Informatsionnoe obshchestvo* [Information Society], 2018, No. 4, pp. 54–64. (In Russ.).
4. Baur K., Wu D. Sleduyushchaya stupen razvitiya proizvodstva [The Next Step in Production Development]. (In Russ.). Available at: <https://www.mckinsey.com>
5. Baurina S. B., Khudyakov S. V. Realizatsiya biznes-protsessov na promyshlennyykh predpriyatiyakh: ot teorii k praktike, monografiya [Realizing Business-Processes at Industrial Enterprises: from Theory to Practice, monograph.]. Saransk, Poligraf, 2018. (In Russ.).
6. Brinolfson E., Makafi E. Vtoraya era mashin: rabota, progress i protsvetanie v epokhu noveyshikh tekhnologiy [The 2nd Era of Machines: Work, Progress and Prosperity at the Age of Advanced Technologies], translated from English. Moscow, AST, 2017. (In Russ.).
7. Waldhausen M., Achweneinen E. «Umnое» i berezhlivoe proizvodstvo [‘Smart’ and Economical Manufacturing]. *Khimicheskaya tekhnika* [Chemical Technique], 2018, No. 5. (In Russ.). Available at: <https://chemtech.ru/umnoe-i-berezhlivoe-proizvodstvo/>
8. Girdyuk D. V., Peresada V. P., Smirnov N. V., Smirnova T. E. Tsifrovye tekhnologii v ekonomike – sredstvo ispolzovaniya teorii v praktike upravleniya [Digital Technologies in Economy – a Means of Using Theory in Practice of Management]. *Finansy i biznes* [Finance and Business], 2018, No. 4, pp. 24–35. (In Russ.).

9. Grabchak E. P., Medvedeva E. A., Vasileva I. G. Kak sdelat tsifrovizatsiyu uspezhnoy [How to Make Digitalization Successful]. *Energeticheskaya politika* [Power Policy], 2018, Issue 5, pp. 25–29. (In Russ.).
10. Korovin G. Tsifrovizatsiya promyshlennosti v kontekste novoy industrializatsii RF [Digitalization of Industry in the Context of New Industrialization in Russia]. *Obshchestvo i ekonomika* [Society and Economics], 2018, No. 1, pp. 47–66. (In Russ.).
11. Mikhnevich S. Robotizatsiya ekonomiki: istochnik rosta ili faktor usileniya sotsialnoy napryazhennosti? [Robotization: a Source of Growth or a Factor of Rising Social Tension?]. *Obshchestvo i ekonomika* [Society and Economics], 2019, No. 7, pp. 12–20. (In Russ.).
12. Moiseev V. Intelktualizatsiya proizvodstva: realnye primery [Intellectualization of Manufacturing: True Examples]. (In Russ.). Available at: <https://iot.ru/promyshlennost/intelktualizatsiya-proizvodstva-realnye-primery>
13. Urry G. Kak vyglyadit budushchee? [What does the Future Look Like?]. Moscow, Publishing House 'Delo' RANH&GS, 2018. (In Russ.).
14. Fedotova G. V. Problemy tsifrovizatsii promyshlennogo sektora [Digitalization of the Manufacturing Sector]. *Natsionalnye interesy: priority i bezopasnost* [National Interests: Priority and Security], 2019, Vol. 15, Issue 2, pp. 273–283. (In Russ.).
15. Filin S. A., Kuzina A. A. Printsipy upravleniya innovatsionnoy deyatel'nostyu predpriyatiy v Rossii pri perekhode k «tsifrovoy» ekonomike [Principles of Innovation Activity Management in Russia during Passing-over to Digital Economy]. *Natsionalnye interesy: priority i bezopasnost* [National Interests: Priorities and Security], 2018, Vol. 14, Issue 3, pp. 507–519. (In Russ.).
16. Khokhlova M. N. Novaya arkhitektura tsifrovoy ekonomiki [New Architecture of Digital Economy]. *Ekonomicheskie strategii* [Economic Strategy], 2017, Vol. 19, No. 4, pp. 132–145. (In Russ.).
17. Tsifrovye platformy upravleniya zhiznennym tsiklom kompleksnykh sistem [Digital Platforms of Governing the Life Cycle of Complex Systems], edited by V. A. Tupchienko. Moscow, Scientific Consultant, 2018. (In Russ.).
18. Baynev V. V., Fedosin S. A. Surface Presentation Methods in Geometric Models of Light Devices. *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*, 2019, Vol. 11, Issue 2, pp. 460–464. (In Russ.).
19. Bayneva I. I. Calculation and Construction of Optical Elements of Light Devices. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 2018, Vol. 10, No. 6S, pp. 2208–2216.
20. Lu Y., Liu C., Wang K. I.-K., Huang H., Xu X. Digital Twin-Driven Smart Manufacturing: Connotation, Reference Model, Applications and Research Issues. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 2020, Vol. 61, February. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2019.101837>
21. Winkelhaus S., Grosse E. H. Logistics 4.0: a Systematic Review Towards a New Logistics System. *International Journal of Production Research*, 2020, Vol. 58, Issue 1, January 2, pp. 18–43.

Сведения об авторе

Светлана Борисовна Баурина

кандидат экономических наук, доцент
кафедры экономики промышленности
РЭУ им. Г. В. Плеханова.

Адрес: ФГБОУ ВО «Российский экономический
университет имени Г. В. Плеханова», 117997,
Москва, Стремянный пер., д. 36.
E-mail: baurinaaa@yandex.ru

Information about the author

Svetlana B. Baurina

PhD, Assistant Professor
of the Department for Industrial
Economics of the PRUE.

Address: Plekhanov Russian University
of Economics, 36 Stremyanny Lane,
Moscow, 117997, Russian Federation.
E-mail: baurinaaa@yandex.ru