

# ТЕОРИЯ И МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

DOI: 10.36622/VSTU.2020.87.64.001

УДК 338+658.5

## КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ПЕРЕХОДА К УМНОМУ ПРОИЗВОДСТВУ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ

**О.В. Дударева, Д.В. Аракчеев**

*Воронежский государственный технический университет  
Россия, 394006, Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84*

**Д.Н. Дударев**

*ОАО «Особая экономическая зона промышленно-производственного типа «Липецк»  
Россия, 399071, Липецкая область, Грязинский район,  
административно-деловой центр*

**Введение.** Цифровизация экономики и, в частности, переход к умному производству или Индустрии 4.0, являются актуальным мировым трендом. Цифровизация экономики признана приоритетным направлением и в Российской Федерации. Трансформация производственной отрасли называется революцией именно потому, что изменения происходят не поверхностные, а радикальные: индустрия перестраивается сверху донизу. Путь этих преобразований привел к следующему технологическому рубежу, к формированию концепции Индустрии 4.0, которую также называют концепцией «Умного производства» (Smart Manufacturing).

**Данные и методы.** Основные методы исследования — теоретические и практические методы, с помощью которых проводилось исследование: методы системного анализа, экономико-математические методы анализа информации, методы экспертных оценок, моделирования и прогнозирования. В статье использовались результаты исследований клуба лидеров цифрового производства, клуба производителей Сколково, компаний Solver, AUTODESK, Государственной корпорации Ростех и ряда других.

**Полученные результаты.** В статье освещены концептуальные аспекты (теоретические и практические) перехода к умному производству в условиях цифровизации с целями повышения конкурентоспособности российских компаний через использование новых производственных технологий; формирования основы для разработки стратегии развития и повышения эффективности компаний; согласования с глобальными трендами Индустрии 4.0, действующими российскими стандартами и особенностями бизнеса; изменения культуры внедрения и работы с инновациями.

---

### Сведения об авторах:

**Дударева Ольга Владимировна** ([dudarevaov@mail.ru](mailto:dudarevaov@mail.ru)), кандидат экономических наук, доцент кафедры экономической безопасности  
**Аракчеев Дмитрий Владимирович** ([dudarevaov@mail.ru](mailto:dudarevaov@mail.ru)), аспирант кафедры экономической безопасности  
**Дударев Дмитрий Николаевич** ([info@sezlipetsk.ru](mailto:info@sezlipetsk.ru)), кандидат экономических наук, генеральный директор ОАО «Особая экономическая зона промышленно-производственного типа «Липецк»

### On authors:

**Olga V. Dudareva** ([dudarevaov@mail.ru](mailto:dudarevaov@mail.ru)), candidate of economic Sciences, associate Professor of the Department of economic security  
**Dmitry V. Arakcheev** ([dudarevaov@mail.ru](mailto:dudarevaov@mail.ru)), postgraduate student of the Department of economic security  
**Dmitry N. Dudarev** ([info@sezlipetsk.ru](mailto:info@sezlipetsk.ru)), candidate of economic Sciences, General Director of JSC «Special economic zone of industrial and production type «Lipetsk»

**Заключение.** Представленные разработки позволяют сформировать ряд умозаключений по вопросам концепции и технологий умного производства, походов к цифровой трансформации бизнес-процессов, стратегий цифровизации и новых бизнес-моделей.

**Ключевые слова:** умное производство, цифровая трансформация, цифровизация, инновационное развитие, цифровые технологии.

**Для цитирования:**

Дударева О.В., Дударев Д.Н., Аракчеев Д.В. Концептуальные аспекты перехода к умному производству в условиях цифровизации // Организатор производства // Организатор производства. 2020. Т.28. № 4. С. 7-15. DOI: 10.36622/VSTU.2020.87.64.001

## CONCEPTUAL ASPECTS OF THE TRANSITION TO SMART MANUFACTURING IN THE CONTEXT OF DIGITALIZATION

**O.V. Dudareva, D.V. Arakcheev**

Voronezh state technical University  
Russia, 394006, Voronezh, ul. 20-letiya Oktyabrya, 84

**D.N. Dudarev**

JSC «Special economic zone of industrial and production type «Lipetsk»  
Russia, 399071, Lipetsk region, Gryazinsky district,  
administrative and business center

**Introduction.** Digitalization of the economy and, in particular, the transition to smart manufacturing or Industry 4.0, is a current global trend. Digitalization of the economy is also recognized as a priority in the Russian Federation. The transformation of the manufacturing industry is called a revolution precisely because the changes are not superficial, but radical: the industry is being rebuilt from top to bottom. The path of these transformations led to the next technological milestone, the formation of the concept of Industry 4.0, which is also called the concept of "Smart manufacturing".

**Data and methods.** The main research methods are theoretical and practical methods used to conduct the research: methods of system analysis, economic and mathematical methods of information analysis, methods of expert assessments, modeling and forecasting. The article uses the research results of the digital production leaders club, SKOLKOVO production workers club, Solver, AUTODESK, rostec State Corporation, and a number of others.

**Obtained result.** The article deals with conceptual aspects (theoretical and practical) of the transition to smart production under conditions of digitalization with the objectives of improving the competitiveness of Russian companies through the use of new production technologies; forming the basis for strategy development and efficiency improvement; align with global trends of Industry 4.0, the existing Russian standards and business; culture change implementation and work with innovation.

**Conclusion.** The presented developments allow us to form a number of conclusions on the concept and technologies of smart production, approaches to digital transformation of business processes, digitalization strategies and new business models.

**Key words:** smart manufacturing, digital transformation, digitalization, innovative development, digital technologies.

**For quoting:**

Dudareva O.V., Dudarev D.N., Arakcheev D.V. Conceptual aspects of the transition to smart production in the conditions of digitalization // Organizer of production. 2020. Vol. 28. No. 4. P. 7-15. DOI: 10.36622/VSTU.2020.87.64.001

### Введение

Потрясения масштаба пандемии COVID-2019 ставят корпорации перед выбором измениться или отдать долю рынка быстро реагирующим на рыночные условия малым компаниям. Изменились структура спроса, предпочтения потребителя и его поведение, изменились цепочки создания продукта в связи с закрытием границ и всеобщей изоляцией. Все эти факторы в корне поменяли экосистему, которую корпорации выстраивали вокруг себя десятилетиями [1].

### Сущность и содержание цифровой трансформации промышленных предприятий

Вопросами цифровой трансформации промышленных предприятий занимается значительное количество зарубежных (Корреани А. [2], Иивари Н., Шарма С., Вента-Олькконен Л. [3], Ллопис-Альберт К., Рубио Ф., Валеро Ф. [4], Флетчер Джи, Гриффитс М. [5]) и отечественных (А.В. Бабкин [6], В.С. Скруг [7], С.А. Толкачев, П.Ю. Михайлова [8], Г.Л. Садовский [9], В.Л. Карлинский [10], Т.О. Толстых, Л.А. Гамидуллаева [11], Е.В. Шкарупета [12]) ученых, исследователей и практиков.

Авторы придерживаются понятия «цифровая трансформация», предложенного в Руководстве по цифровой трансформации производственных предприятий: «Цифровая трансформация - изменение подхода к ведению бизнеса (бизнес-модели) за счет интеграции инновационных технологий во все аспекты

бизнес-деятельности, требующее внесения коренных преобразований в технологии, культуру, операции и принципы создания новых продуктов и услуг с целью обеспечения коммерческого успеха в условиях новой цифровой экономики» [13].

Для предприятия цифровая трансформация – это последовательная системная работа, организованная в соответствии с комплексным подходом, который формируется на этапе разработки концепции. Концепция цифрового развития предприятия становится основной частью бизнес-стратегии компании.

На взгляд авторов, следует делать различия между цифровизацией и автоматизацией. Автоматизация – одна из целей цифровизации или начальная стадия цифровизации, составляющая нижнего уровня.

### Концепция умного производства

Умное производство подразумевает применение широкого спектра технологий и поэтому переход к нему совершается в несколько этапов. Каждому этапу соответствует один из видов так называемых фабрик будущего (Factories of the Future). Эрастос Филос выделяет три вида фабрик будущего: цифровые фабрики (Digital Factory), умные фабрики (Smart Factory) и виртуальные фабрики (Virtual Factory) [13]. Эти три вида производств отличаются по целям создания и применяемым технологиям (рисунок 1).

#### Цифровые фабрики

- Цифровые фабрики ставят целью «увидеть» продукт до того, как он будет реально произведен. Основные технологии: CAD/CAM/CAE, PDM/PLM, станки с ЧПУ, аддитивные технологии и др.

#### Умные фабрики

- Умные фабрики в дополнение к целям цифровых фабрик предполагают более широкое использование средств автоматизации, улучшенный контроль и оптимизацию процессов.

#### Виртуальные фабрики

- Виртуальные фабрики суммируют цели и технологии цифровых и умных фабрик, а также создаются с целью управления цепочками поставок и для того, чтобы создавать ценность посредством объединения продуктов и услуг. Иной вариант интерпретации виртуальных фабрик – это объединение виртуальных активов и виртуальных способов управления.

*Источник: составлено авторами на основе материалов [13]*

Рис. 1. Три вида фабрик будущего  
Fig. 1. Three types of factories of the future

## Теория и методы организации производства

В российской дорожной карте «Технет» формированию фабрик будущего отводится ключевое значение.

### Обсуждение

Какие элементы прежде всего характеризуют новые бизнес-модели? В настоящее время из множества тенденций можно выделить следующие специфичные тренды новой модели развития [13]:

- сокращение стоимости запуска технологического стартапа;
- изменение стоимости часа работы операто-

ра и работа;

- падение стоимости производственных технологий;
- смещение конкуренции в сторону НИОКР и проектирования;
- применение гибких управленческих подходов (например, Agile, SCRUM).

Эти тренды опосредованно ускоряют применение современных прорывных технологий на промышленном предприятии, в том числе по возможным сценариям, представленным на рисунке 2.

Сценарии ускорения применения современных прорывных технологий на промышленном предприятии	<ul style="list-style-type: none"><li>• цифровое проектирование и моделирование, многокритериальная мультидисциплинарная оптимизация (бионический/генеративный дизайн), аддитивное производство;</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>• новые сервисные бизнес-модели;</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>• предсказательная аналитика на основе цифровых двойников. Техническое обслуживание и ремонт (ТОиР) по фактическому состоянию;</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>• дистанционное обслуживание и мониторинг на основе IIoT;</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>• оптимизация потребления ресурсов (электроэнергия, вода);</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>• «подключенные работники» (connected workers) – контроль трудовой деятельности, безопасности и состояния здоровья;</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>• управление складскими запасами, планирование логистики на основе цифровых двойников;</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>• оптимизация процессов производства (машинное обучение для прогнозирования и предотвращения нарушений процесса производства);</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>• кибербезопасность;</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>• экономия затрат (cost saving): энергосбережение, материалоемкость, оптимизация производства и расходов и пр.;</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• другие сценарии.</li></ul>	

*Источник: составлено авторами на основе материалов [13]*

Рис. 2. Сценарии ускорения применения современных прорывных технологий на промышленном предприятии

Fig. 2. Scenario, accelerating the use of modern advanced technologies at the industrial enterprise

К основным элементам новой бизнес-модели можно отнести, в том числе [13]:

- цифровые сервисы (включая сервисы реального времени);
- индивидуализацию конкретного экземпляра продукта;
- вовлечение конечного потребителя в процесс;
- сопровождение клиента в течение всего жизненного цикла продукта;
- управление потоком из единичных заказов;
- многоуровневую кооперацию с большой степенью интегрированности участников;
- переход от цепочек поставок к сети поставок и др.

Новые цифровые бизнес-модели, в основе которых лежит использование цифровых данных на всех этапах жизненного цикла продуктов, реализуются в рамках процессов цифрового производства.

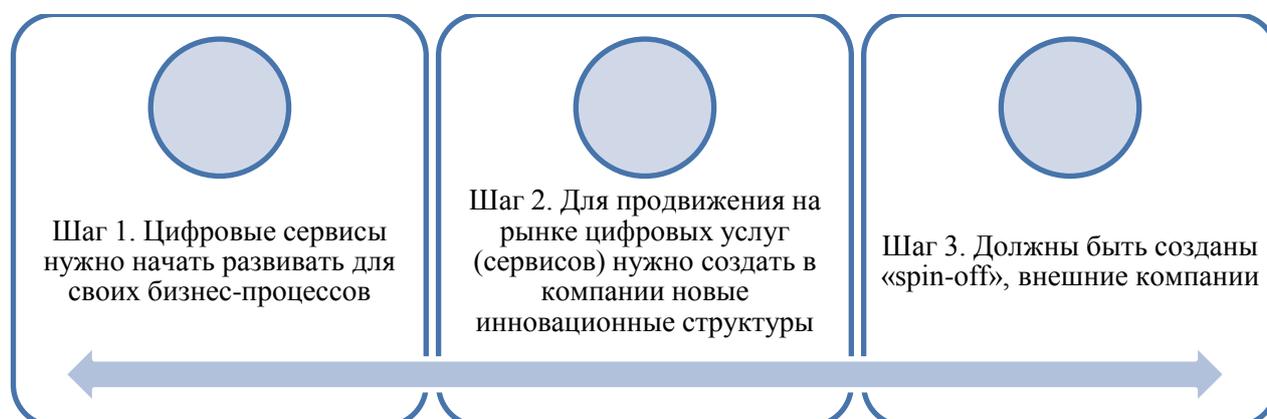
Kaeser Kompressoren предлагает сервис Sigma Air, в рамках которого имеется возможность приобрести кубометры сжатого воздуха в необходимом вам месте по заранее согласован-

ному графику. Мониторинг и диагностика, управление работой компрессора осуществляются удаленно в облаке – в штаб-квартире компании в Германии. Инженер компании периодически проводит ТО, организован ServiceDesk, устраняющий замечания по работе оборудования и обеспечивающий взаимодействие с клиентом. Данный пример – классика применения цифровых технологий и изменения бизнес-модели в компании [13]. Также для развития цифровых сервисов Радислав Бирбраер рекомендует предпринять следующие шаги (рисунок 3):

Шаг 1. Цифровые сервисы нужно начать развивать для своих бизнес-процессов;

Шаг 2. Для продвижения на рынке цифровых услуг (сервисов) нужно создать в компании новые инновационные структуры (а не все специалисты должны вовлекаться в эту новую работу);

Шаг 3. Должны быть созданы так называемые «spin-off», внешние компании, чтобы не «убивать» классический бизнес.



Источник: составлено авторами на основе материалов [13]

Рис. 3. Процесс развития цифровых сервисов промышленного предприятия

Fig. 3. The process of development of digital services of an industrial enterprise

Авторы статьи вначале рекомендуют развивать свои сервисы, потом создавать новые структуры и параллельный бизнес для инноваций.

В качестве практического примера рассмотрим опыт государственной корпорации Ростех по цифровизации ключевых бизнес-процессов и закупочной деятельности.

Государственная корпорация «Ростех» в 2019 году была назначена центром компетен-

ций\* по реализации федерального проекта «Цифровые технологии» национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» и ответственным исполнителем по ряду мероприятий. Подписаны пять соглашений с Правительством Российской Федерации, в рамках которых Корпорация разрабатывает, утверждает и реализовывает планы мероприятий дорожных карт развития таких высокотехнологичных областей, как [14]:

- квантовые сенсоры;
- системы распределенных реестров;
- Интернет вещей;
- мобильные сети пятого поколения (5G).

В рамках исполнения своих обязательств Корпорация подготовила предложения по развитию приоритетных направлений сквозных цифровых технологий, исследований и разработок, а также механизмам финансирования институтами развития проектов в разрезе сквозных цифровых технологий в упрощенном режиме (fast-track — «фаст-трек»); разработаны дорожные карты по развитию отдельных высокотехнологичных областей [14].

Правительственной комиссией по цифровому развитию Российской Федерации в 2019 году утверждены две дорожные карты, разработанные Корпорацией, — по развитию систем беспроводной связи и технологий распределенных реестров с суммарным объемом бюджетных инвестиций в размере 63,1 млрд руб. Совместно с ПАО «Ростелеком» создан Архитектурный совет по развитию технологии 5G. Совместно с ПАО «РЖД» и Государственной корпорацией «Росатом» сформирован научно-технический совет по развитию квантовых технологий. Разработана и представлена Министерству промышленности и торговли Российской Федерации стратегия цифровой трансформации и управления проектами цифровой трансформации на промышленных предприятиях. Разработана методология оценки цифровой зрелости промышленного предприятия, которая в течение первого полугодия 2020 года будет тестироваться на предприятиях промышленности. Совместно с Фондом развития промышленности реализуется инициатива по созданию цифрового паспорта предприятия на платформе ГИСП. Сформированы предложения по новой сервисной линейке продуктов для ГИСП. Разработаны и представлены предложения по совершенствованию критериев отбора проектов в рамках получения субсидий по Постановлению Правительства Российской Федерации от 30 апреля 2019 года № 529 [14].

Для выполнения задач по цифровой трансформации отраслей экономики Российской Федерации правлением Государственной корпорации «Ростех» введена должность директора по цифровой трансформации. Подготовлена концепция стратегии цифровой трансформации,

предусматривающая участие Корпорации в цифровой трансформации отраслей экономики Российской Федерации по платформенной идеологии [14].

В 2019 году была введена в эксплуатацию автоматизированная система управления финансовой и закупочной деятельностью Государственной корпорации «Ростех» (далее — АС ФЗД). АС ФЗД является единой цифровой платформой Корпорации и ее организаций, формирует единое информационное пространство на всех уровнях управления: организации — холдинговая компания — Корпорация. Система разработана на базе отечественного программного обеспечения. АС ФЗД состоит из трех транзакционных подсистем для централизованного управления финансовыми потоками, ликвидностью и кэш-пулингом, осуществления закупочной деятельности, ведения договорной деятельности организаций Корпорации и самой Корпорации. Также в системе полностью автоматизирован общекорпоративный бюджетный процесс, начиная с формирования бюджетов предприятий, консолидированных бюджетов холдинговых компаний и консолидированного бюджета организаций Корпорации в целом. В системе также формируется управленческая отчетность для руководителей всех уровней управления. Разработана и проходит опытную эксплуатацию система мониторинга и анализа управленческих данных «Панель руководителя». На сегодняшний день к системе АС ФЗД подключены более 17 тыс. пользователей в 669 организациях Корпорации. 10 августа 2019 года запущен проект по переводу в электронную форму юридически значимого документооборота с внешними контрагентами Государственной корпорации «Ростех», направленный на реализацию оперативного взаимодействия по предоставлению / получению первичных документов. В рамках налогового мониторинга запущен процесс цифровизации контрольных процедур и архива первичных документов бухгалтерского и налогового учета. Налоговому органу предоставлен удаленный доступ к полному структурированному электронному архиву первичных документов за 2019 год [14].

Цифровизация закупочной деятельности Ростех обеспечивает снижение издержек и затрат заказчика, позволяет ускорить и унифицировать процессы принятия решений

различных предприятий (с учетом специфики), сокращает расходы на обучение персонала. В 2019 году введен в промышленную эксплуатацию блок «Управление закупочной деятельностью» (УЗД) автоматизированной системы финансово-закупочной деятельности (АС ФЗД), позволяющий повысить прозрачность процесса закупки и управлять им на всех этапах — от выявления потребности и бюджетирования до приемки и оплаты работ [14].

### Результаты

После разработки стратегии предприятия, оценки уровня цифровой зрелости, оценки эффективности внедрения новых технологий и определения ключевых KPI, первоначальным этапом реализации стратегии цифровизации является цифровизация процессов проектирования. Современное цифровое проектирование — это совокупность компьютерных технологий, которые помогают упорядочить информационные потоки, генерируемые в процессе многовариантного моделирования и проектирования, систематизируют информацию и облегчают доступ к ней [13].

Подходы к организации цифрового проектирования определяются уровнем цифровой зрелости предприятия. Методология Organizational Digital Manufacturing Maturity Model — ODM3, модель цифровой зрелости производственного предприятия, выделяет пять уровней развития производительности компании [13]:

- Ad hoc – несистемный;
- Defined – базовый;
- Managed – управляемый;
- Integrated – интегрируемый;
- Optimized – оптимизируемый.

Особого внимания заслуживают уровни Несистемный и Базовый, так как нахождение предприятия на этих уровнях делает практически невозможной оптимизацию процессов цифрового проектирования под нужды Индустрии 4.0 и будущего преобразования предприятия в цифровую фабрику. К сожалению, сейчас в России к компаниям зачастую применимы именно эти уровни [13].

При повышении уровня цифровой зрелости до оптимизированного необходимо будет привлечь в штатный состав предприятия специалистов по новым направлениям цифровизации. Также возможно повышение квалификации имеющихся специалистов с по-

следующим делегированием им новых функциональных обязанностей [13].

В основе работы производственного предприятия нередко лежат процессы, ориентированные, прежде всего, на бумажный документооборот. Такой подход делает фактически невозможным повышение уровня цифровой зрелости предприятия, что, в свою очередь, приводит к снижению конкурентоспособности предприятия на российском и глобальном рынках. Прежде всего следует определить, какие бизнес-процессы на предприятии должны поменяться согласно выделенным целям цифровизации. Эти процессы должны быть размещены в управляющей информационной системе (PDM/BPM/EDM/ERP) и выстроены вокруг цифрового двойника/электронного макета изделия. Любое рабочее место, исключенное из общей информационной шины предприятия, неминуемо является «узким местом» всего проекта повышения уровня эффективности. Использование CAD/CAE/CAM, PDM-систем способно обеспечить существенное продвижение для решения задач организации управления и работы с данными. Аддитивное производство и генеративный дизайн все больше входят в реальные проекты. Несмотря на то, что зачастую сложно сразу отказаться от классических способов проектирования и производства, необходимость оптимизации процессов диктует стремление всерьез присматриваться к новым технологиям, сравнивая экономические показатели и стратегические результаты от их опережающего применения [13].

### Выводы

В современном высокотехнологичном производстве центр тяжести смещается на этап проектирования [15], [16], поэтому одним из первых шагов цифровизации должно быть поэтапное внедрение технологий и процессов цифрового проектирования.

В конечном счете, цель оптимизации существующих процессов, как и разработки новых, в первую очередь — повышение конкурентоспособности предприятия на глобальных рынках в свете тренда цифровизации и Индустрии 4.0.

### Библиографический список

1 Экономика выживания. Стратегии большого бизнеса / Материалы форума «Открытые инновации». 2020.

<https://openinnovations.ru/highlights/economy-of-survival-the-strategy-of-big-business> (дата обращения: 07.12.2020)

2 Correani A. et al. Implementing a digital strategy: Learning from the experience of three digital transformation projects //California Management Review. – 2020. – Т. 62. – №. 4. – С. 37-56.

3 Iivari N., Sharma S., Ventä-Olkkonen L. Digital transformation of everyday life—How COVID-19 pandemic transformed the basic education of the young generation and why information management research should care? //International Journal of Information Management. – 2020. – Т. 55. – С. 102183.

4 Llopis-Albert C., Rubio F., Valero F. Impact of digital transformation on the automotive industry //Technological forecasting and social change. – 2020. – Т. 162. – С. 120343.

5 Fletcher G., Griffiths M. Digital transformation during a lockdown //International Journal of Information Management. – 2020. – Т. 55. – С. 102185.

6 Бабкин А. В. Цифровая трансформация экономики и промышленности: проблемы и перспективы. – 2017.

7 Скруг В. С. Трансформация промышленности в цифровой экономике: проблемы и перспективы //Креативная экономика. – 2018. – Т. 12. – №. 7.

8 Толкачев С. А., Михайлова П. Ю., Нартова Е. Н. Цифровая трансформация производства на основе промышленного интернета вещей //Экономическое возрождение России. – 2017. – №. 3 (53).

9 Садовский Г. Л. Анализ современных тенденций цифровой трансформации промышленности //Молодой ученый. – 2017. – №. 14. – С. 427-430.

10 Карлинский В. Л. Цифровая трансформация промышленных предприятий. Проблемы и модели перехода //Экономические исследования и разработки. – 2018. – №. 8. – С. 132-146.

11 Tolstykh T., Gamidullaeva L., Shmeleva N. Elaboration of a Mechanism for Sustainable Enterprise Development in Innovation Ecosystems //Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity. – 2020. – Т. 6. – №. 4. – С. 95.

12 Толстых Т. О., Гамидуллаева Л. А., Шкарупета Е. В. Ключевые факторы развития промышленных предприятий в условиях индустрии 4.0 //Экономика в промышленности. – 2018. – Т. 11. – №. 1. – С. 11-19.

13 Руководство по цифровой трансформации производственных предприятий. Москва, 2019. 172 с.

14 Годовой отчет Государственной корпорации Ростех за 2019 год. 2020. 122 с.

15 Боровков А.И., Гамзикова А.А., Кукушкин К.В., Рябов Ю.А. Цифровые двойники в высокотехнологичной промышленности. Краткий доклад (сентябрь 2019 года). – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2019. – 62 с.

16 Новая парадигма цифрового проектирования и моделирования глобально конкурентоспособной продукции нового поколения. / Центр компьютерного инжиниринга СПбПУ, 08.04.2018.

Поступила в редакцию – 13 октября 2020 г.

Принята в печать – 17 октября 2020 г.

### Bibliography

1 A survival Economy. The strategy of big business / the materials of the forum "Open innovations". 2020. <https://openinnovations.ru/highlights/economy-of-survival-the-strategy-of-big-business> (date accessed: 07.12.2020)

2 Correani A. et al. Implementing a digital strategy: Learning from the experience of three digital transformation projects // California Management Review. - 2020. - Vol. 62. - No. 4. - Pp. 37-56.

3 Iivari N., Sharma S., Ventä-Olkkonen L. Digital transformation of everyday life—How COVID-19 pandemic transformed the basic education of the young generation and why information management research should care? //International Journal of Information Management. – 2020. – Т. 55. – S. 102183.

4 Llopis-Albert, C., Rubio F., Valero F. Impact of digital transformation on the automotive industry //Technological forecasting and social change. – 2020. – Vol. 162. – S. 120343.

5 Fletcher G., Griffiths M. Digital transformation during a lockdown // International Journal of Information Management. - 2020. - Vol. 55. - P. 102185.

6 Babkin A.V. Digital transformation of the economy and industry: problems and prospects. - 2017.

- 7 Skrug V. S. Transformation of industry in the digital economy: problems and prospects //Journal of creative economy. - 2018. - Vol. 12. - no. 7.
- 8 Tolkachev S. A., Mikhailova P. Yu., Nartova E. N. Digital transformation of production based on the industrial Internet of things //Economic revival of Russia. – 2017. – №. 3 (53).
- 9 Sadovsky G. L. Analysis of current trends in digital transformation of industry //Young scientist. – 2017. – №. 14. - P. 427-430.
- 10 Karlinsky V. L. Digital transformation of industrial enterprises. Problems and models of transition //Economic research and development. – 2018. no. 8. – S. 132-146.
- 11 Tolstykh T., Gamidullaeva L., Shmeleva N. Elaboration of a Mechanism for Sustainable Enterprise Development in Innovation Ecosystems //Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity. – 2020. – T. 6. no. 4. – P. 95.
- 12 Tolstykh T. O., Gamidullayeva L. A., Shkarupeta E. V. Key factors of development of industrial enterprises in the conditions of industry 4.0 //The economy in the industry. - 2018. - Vol. 11. - No. 1. - P. 11-19.
- 13 Guide to the digital transformation of manufacturing enterprises. Moscow, 2019. 172 p.
- 14 Annual report of the state Corporation rostec for 2019. 2020. 122 p.
- 15 Borovkov A. I., Gamzikova A. A., Kukushkin K. V., Ryabov Yu. a. Digital twins in high-tech industry. Summary report (September 2019). - St. Petersburg: POLYTECH-PRESS, 2019. - 62 p.
- 16 a New paradigm for digital design and modeling of a new generation of globally competitive products. / Spbpu computer engineering center, 08.04.2018.

Received – 13 October 2020

Accepted for publication – 17 October 2020