

## Концепция цифровой трансформации производственно-логистических систем в условиях перехода к цифровой экономике

*The concept of production-logistics systems formation in transition to digital economy*

**Мясникова Ольга Вячеславовна**, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры логистики  
Института бизнеса Белорусского государственного университета

**Miasnikova Olga**, PhD in Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor  
of the Department of Logistics of Institute of Business of Belarusian State University

**e-mail:** miasnikovaov1@gmail.com

### Аннотация

Работа посвящена разработке теоретико-методических подходов к формированию производственно-логистических систем в современных условиях. Определено понятие «цифровая трансформация системы». Сформулирована концепция цифровой трансформации производственно-логистической системы как особого типа производственной системы. Показаны состав и взаимосвязь элементов концепции цифровой трансформации. Описаны субъект, объекты, принципы, цели и задачи, результаты, методы и инструменты цифровой трансформации производственно-логистической системы. Выделены существенные характеристики производственно-логистической системы с позиции потокового, управленческого, процессного и социокиберфизического аспектов. Описаны тенденции и желаемые результаты перехода к цифровой системе в разрезе выделенных подсистем и трансформируемых элементов производственно-логистической системы. Определены цифровые и инновационные преобразования как средства трансформации элементов производственно-логистической системы. В разрезе этапов определения, измерения, анализа, улучшения, контроля цикла совершенствования (DMAIC) систематизированы процессы и инструменты управления цифровой трансформации производственно-логистической системы.

**Ключевые слова:** цифровая экономика, цифровая трансформация, производственно-логистическая система, управление, теоретико-методические подходы, концепция, цифровые технологии, инновации.

### Abstract

The work is devoted to the development of theoretical and methodological approaches to the production-logistics systems formation in modern conditions. The concept of "digital transformation" of the system is defined. The concept of a production-logistics system as a special type of production system is formulated. The composition and interrelation of elements of the digital transformation concept are shown. The subject, objects, principles, goals and objectives, results, methods and tools for digital transformation of the production-logistics system are described. The essential characteristics of the production-logistics system are highlighted from the position of streaming, managerial, process and socio-cyber-physical aspects. The tendency and desired results of transition to digital system in the context of the selected subsystems and transformable elements of the production-logistics system are described. The digital and innovative changes as a transformation means of the production-logistics system elements are identified. In the context of the stages of definition, measurement, analysis, improvement, control of the improvement cycle (DMAIC), the processes and tools for managing the production-logistics system digital transformation are systematized.

**Keywords:** digital economy, digital transformation, production and logistics system, management, theoretical and methodological approaches, concept, digital technologies, innovation.

Поступила в редакцию / Received: 02.12.2020

Web: <http://library.miu.by/journals/item.eui/issue.8/article.8.html>

### Введение

Цифровая трансформация экономики становится ключевым приоритетом развития, что предполагает принципиальное изменение структуры экономик вследствие выделения основного фактора производства и источников добавленной стоимости. Трансформация нацелена на освоение новых бизнес-моделей и формирование более эффективных экономических структур за счет освоения цифровых технологий в сфере производства, обмена и потребления. В цифровой экономике ключевым фактором производства становятся данные в цифровом виде, а источником добавленной стоимости выступает результат обработки больших объемов данных, использование которого позволяет существенно повысить эффективность процессов по сравнению с традиционными формами их осуществления. Вопросам создания цифровой экономики посвящены работы [1–5], а вопросам развития и трансформации производственных систем в контексте цифровизации – работы [6–8].

В условиях перехода к цифровой экономике возникает необходимость преобразования производственно-логистических систем (ПЛС) для выживания и получения стратегических конкурентных преимуществ.

*Производственно-логистическая система* – это сложная, динамичная, экономическая, открытая, адаптивная система с обратной связью, состоящая из относительно устойчивой совокупности звеньев цепи создания ценности, взаимосвязанных в пределах цикла производства в едином процессе управления материальными, сервисными и сопутствующими потоками и обеспечивающих придание им количественных параметров и качественных характеристик в соответствии с требованиями внешней среды [9].

Для развития собственных исследований в области формирования систем производства и логистики [9–12] в данной статье поставлена цель: сформулировать суть основных теоретико-методических подходов к формированию современных ПЛС в **концепции цифровой трансформации производственно-логистических систем**. Методами исследования являются анализ, синтез, аналогия, абстракция, моделирование. Актуальность исследования определяется тем, что до настоящего времени понятийно-терминологический аппарат ПЛС находится в дискуссионном поле, теоретико-методологические подходы к цифровой трансформации ПЛС в современных условиях еще не сложились, что требует их разработки.

## Основная часть

Цифровая трансформация (ЦТ) какой-либо системы – это постоянная ее перестройка в цифровую систему. Под цифровой трансформацией понимаем комплексное преобразование объекта, связанное с переходом к новым бизнес-моделям, каналам коммуникаций с клиентами и поставщиками, продуктам, производственным и бизнес-процессам, корпоративной культуре, которые базируются на принципиально новых подходах к управлению данными с использованием цифровых технологий, с целью существенного повышения его эффективности и долгосрочной устойчивости.

В цифровой системе элементы имеют цифровое представление – формальное, явное, машиночитаемое и машиноисполняемое описание, которое позволяет компьютеру понять объект, – и связаны цифровым образом. Бизнес-модели, жизненные циклы и бизнес-процессы системы должны быть построены на первичности цифрового представления основных продуктов и услуг. Ключевым фактором производства, его базовым активом выступают цифровые активы – комплекс цифровых продуктов и инфраструктур, процесс использования и изменения которых приводит к формированию добавленной стоимости и новой ценности, в том числе выраженной в денежной форме. Цифровой объект – совокупность информации в цифровой форме о физическом или виртуальном объекте, процессе, субъекте, физическом лице. Это многоуровневая матрица целевых показателей и ресурсных ограничений объекта реального, которая создается на всех этапах жизненного цикла по всей цепочке добавленной стоимости. Она выполняет роль цифрового двойника (digital twin) и с высокой степенью вероятности адекватна реальному физическому объекту. Взаимодействие цифрового двойника и физического мира происходит посредством технологий «Интернета вещей». Исследователи (А.И. Боровков и др., 2018)

предлагают следующий алгоритм формирования цифровых двойников [6]. Цифровой двойник объекта / продукта (Digital Twin, DT-1) и цифровой двойник производства (Digital Twin, DT-2) объединяются в «умный» цифровой двойник первого уровня (Smart Digital Twin, SDT-1) на основе выполнения десятков тысяч виртуальных испытаний в ходе «цифровой сертификации». На этапе эксплуатации создается «умная» цифровая тень (Smart Digital Shadow, SDS), которая адекватно описывает поведение реального объекта на всех режимах эксплуатации, что позволяет продолжить «обучение» SDT-1, повышая его уровень адекватности и позволяя в дальнейшем моделировать с его помощью различные возможные и непредвиденные ситуации, включая их комбинации и «наложения», а также эксплуатационные режимы. Благодаря четкому представлению о расположении критических зон, в которых имеет смысл размещать те или иные датчики (акселерометры, тензометры, датчики температуры, давления, скорости и т. д.), можно радикально сократить число самих датчиков и регулярно получаемый объем больших данных. Это позволит фактически вместо Big Data сформировать Smart Big Data и увеличить скорость обработки, а также внести необходимые изменения в SDT-1 для его трансформации в «умный» цифровой двойник второго уровня (SDT-2).

Цифровая трансформация как радикальное перепроектирование системы, ее звеньев, подсистемы, элементов и связей между ними, внедрение в нее цифровых технологий и инструментов вследствие изменения бизнес-модели, разработка и выбор наиболее эффективных решений по системе критериев достижения целей развития предполагает системную работу менеджеров на основе глубокого понимания теоретических основ и методологии развития. Концепция **цифровой трансформации производственно-логистических систем** как руководящая идея определяет теоретико-методологические подходы к осуществлению преобразования ПЛС (рисунок 1).



Рисунок 1 – Элементы концепции цифровой трансформации производственно-логистической системы

Источник: разработка автора.

**Субъектами** трансформации ПЛС выступают проектные команды во главе с руководителем по цифровой трансформации (Chief Digital Transformation Officer, CDTO) с привлечением главных специалистов по следующим направлениям: производство, логистика, качество, технология, маркетинг, работа с персоналом, финансы, – осуществляющих управление процессами трансформации.

**Объектами** трансформации выступают все элементы ПЛС. Исходя из концептуальной типологии ПЛС, определены трансформируемые элементы системы (таблица 1).

**Принципами** цифровой трансформации ПЛС являются принципы адаптивности, оптимальности, гибкости, устойчивости, надежности, адекватности, сохраняемости, управляемости, устойчивого опережающего развития, безопасности.

**Цель трансформации** ПЛС заключается в придании ей способности создавать добавленную стоимость длительный период за счет решения задач обеспечения устойчивости, адаптивности, гибкости и эффективности [11].

**Методами трансформации** являются сохранение свойств объекта, улучшение свойств путем его модернизации, изменение свойств с целью сбалансирования системы, устранение объекта в силу неадекватности его задачам системы.

Трансформация ПЛС обеспечивается совокупностью действий, вызывающих целенаправленное закономерное изменение свойств (формы), связей (структуры) и внутренней упорядоченности (организации) ПЛС на базе выбора и построения того варианта ее архитектуры, который обеспечит наименьший разрыв между желаемым и реальным уровнем характеристик. Во время трансформации происходит освоение нововведений, повышающих степень, в которой ПЛС определена, управляема, измерима, контролируема и результативна, т. е. достигается требуемый уровень эффективности преобразования входящих потоков в конечный результат.

**Функциями управления** трансформацией ПЛС являются проектирование, организация, осуществление изменений, освоение новых технологий в промышленных масштабах и оценка достигнутых значений целевых показателей. Управление трансформацией ПЛС основывается на использовании ряда технологий и инструментов, сгруппированных в соответствии с моделью совершенствования DMAIC (определение, измерение, анализ, улучшение, контроль), как показано на рисунке 2.

**Результаты трансформации** ПЛС определяются динамикой показателей функционирования цепи поставок (ЦП) в соответствии с SCOR моделью версии 12.0.

Таблица 1 – Концептуальная типология ПЛС как система взаимосвязанных экономических понятий

Подход к определению ПЛС	Параметр			
	Понятие	Содержание	Трансформируемые элементы	Задачи и тенденции трансформации
Потоковый аспект	ПЛС – совокупность потоков, проходящих через систему	Материальные, информационные, сервисные, финансовые потоки, проходящие через систему	Элементы, формирующие потоки: предметы труда, данные, услуги, деньги, документы	Товар → комплекс «товар + услуга» → контракт жизненного цикла (комплекс «товар + сопровождение») → «все как услуга» (Everything-as-a-Service, XaaS)
Управленческий аспект	ПЛС – система управления потоками ресурсов с целью придания им количественных параметров и качественных характеристик в соответствии с требованиями внешней среды	Подсистемы управления потоками (нормирования, планирования, организации, получения обратной связи, учета, анализа, контроля, регулирования)	Системы управления классов ERP, BI, APS, MES, MRP II, CSRP, CAD/CAE/CAM, PLM, CALS. Стандарты, регламенты, нормативы, организационно-экономические, конструкторские, технологические документы	Традиционное производство → виртуальное производство → сетевое производство
Процессный аспект	ПЛС – совокупность процессов преобразования потоков ресурсов в потоки благ и услуг	Подсистема осуществления цикла производства, включая технологии производства и логистики	Процессы преобразования, манипуляции, проверки; процессы планировать, делать, снабжать, доставлять, возвращать и предоставлять по SCOR-модели цепи поставок	Традиционные технологии → технологии V и IV укладов. Роботизация, виртуализация
Социокиберфизический аспект	ПЛС – совокупность производственных ресурсов (факторов производства), объединенных в определенной комбинации, для создания материальных благ	Ресурсный состав системы, включая персонал, средства труда, информационно-коммуникационную систему	Персонал, средства производства, перевозки и хранения; средства измерения и контроля, программное обеспечение, данные, системы управления базами данных и операционными платформами, информационные технологии, средства вычислительной техники и телекоммуникаций, оборудование связи	Физические системы → киберфизические системы → социокиберфизические системы. Локальная станция → корпоративная сеть → распределенная сеть → единое информационное пространство

Источник: разработка автора.

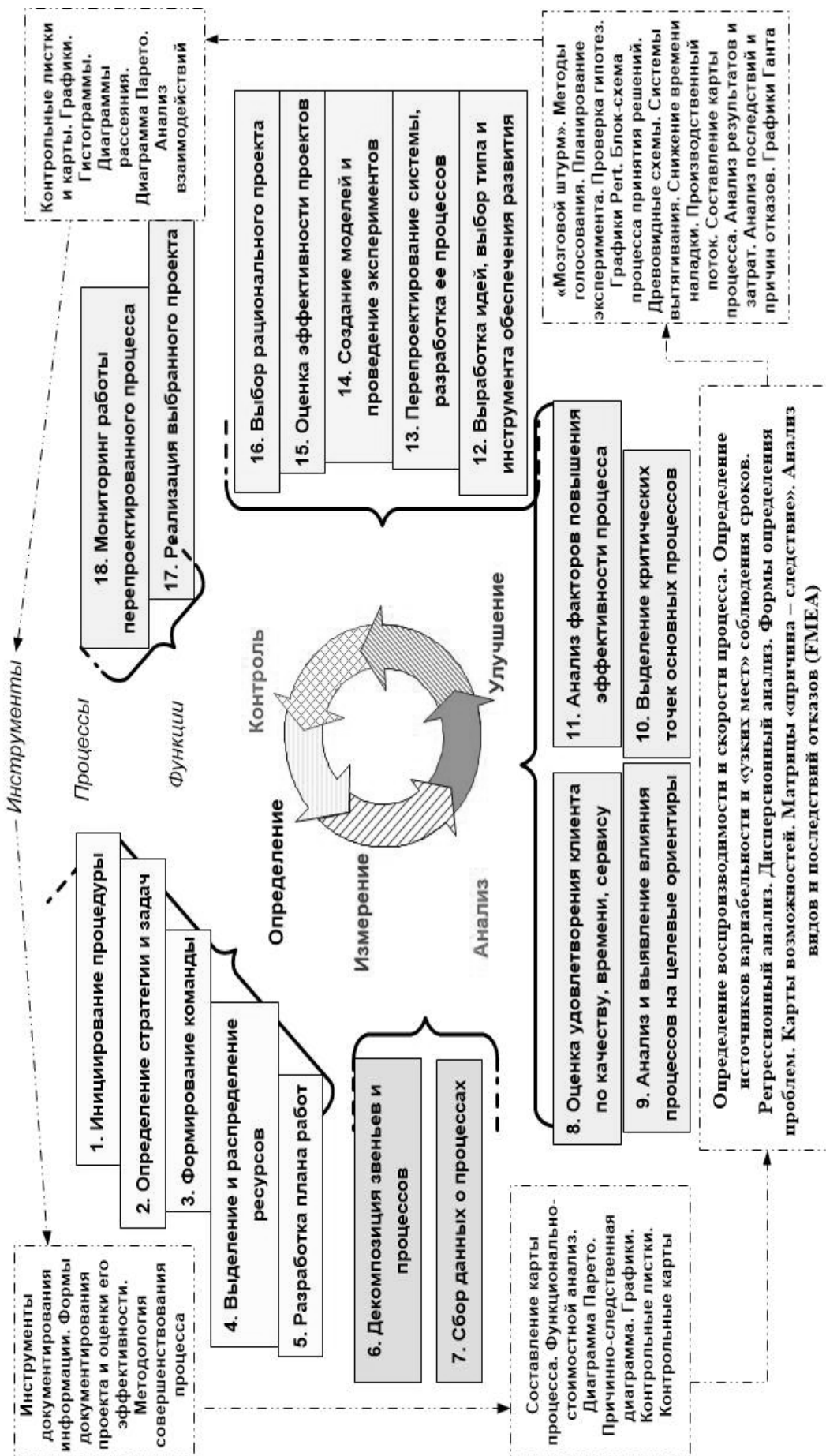


Рисунок 2 – Процессы и инструменты разработки проектов цифровой трансформации производственно-логистической системы

Источник: разработка автора [9].

К ним относятся следующие показатели [9]:

- надежность (Reliability) функционирования ЦП: обеспечение доставки нужного продукта, в нужное время и место, в надлежащем состоянии и упаковке, нужного количества, с правильной документацией, нужному потребителю;
- оперативное реагирование (Responsiveness) – отклик цепи поставок на изменение спроса оценивается через длительность логистических циклов, т. е. скорость прохождения товара по цепи поставки к потребителю;
- маневренность (гибкость, динамичность) цепи поставок (Agility) – темп, с которым цепь поставок

реагирует на изменения ситуации на рынке с целью получения или сохранения конкурентных преимуществ;

- затраты цепи поставок (Cost) – издержки, связанные с операциями;
- эффективность управления активами в цепи поставок (Asset Management Efficiency) – эффективность управления активами в обеспечении удовлетворения спроса.

**Задачи трансформации** ПЛС связаны с преобразованием элементов и процессов ПЛС с помощью технологических инноваций (рисунок 3).



Рисунок 3 – Средства цифровой трансформации производственно-логистической системы

Источник: разработка автора.

Выполнение процессов цифровой трансформации ПЛС включает в себя:

- внедрение моделей менеджмента, адекватных моделям цифровой экономики, обеспечение гибкости, мобильности, ориентации на клиента в условиях высокого риска и усиления нестабильности внешней среды;
- создание сбалансированной, сопряженной по качеству процессов системы;
- обеспечение качества, скорости и эффективности преобразования ресурсных потоков в товары и услуги должного качества и количества;
- формирование условий для продолжения и улучшения процесса ее функционирования и обеспечения инновационного развития предприятия;
- эффективное использование ограниченных финансовых ресурсов на создание и поддержание функционирования системы с высокой степенью использования организационно-технического и интеллектуального потенциала.

Таким образом, цифровая трансформация ПЛС позволит приобрести следующие конкурентные преимущества: обеспеченность требуемыми в цифровой экономике трудовыми ресурсами, интеллектуальным, производственным и финансовым капиталом и рыночной информацией; качество, скорость и эффективность преобразования входящих ресурсных потоков в товары и услуги должного качества и количества; обеспечение сравнительно низкими издержками функционирования системы и высокого качества услуг и продукции; «гибкость» предприятия в условиях неопределенности и риска; синергетический эффект структурного характера.

## Заключение

Цифровая трансформация ПЛС связана с комплексным и системным освоением инновационных технологий, со сменой технологических укладов, с созданием цифровых активов. Важно понимание ПЛС как сложной, динамичной, открытой, адаптивной системы с обратной связью, состоящей из относительно устойчивой совокупности звеньев цепи создания ценности, взаимосвязанных в пределах цикла производства в едином процессе управления материальными, сервисными и сопутствующими потоками.

Определены субъект, объект, принципы, цели, задачи, результаты и методы цифровой трансформации ПЛС. Выделены средства и инструменты трансформации производственно-логистической системы. Инструменты сгруппированы по процессам управления в соответствии с моделью совершенствования DMAIC (определение, измерение, анализ, улучшение, контроль).

Трансформация производственно-логистических систем в соответствии с представленной концепцией, отвечающей современным условиям цифровой трансформации экономики, создает возможности устойчиво генерировать добавленную стоимость, адаптироваться и гибко реагировать на спрос.

## Литература / References

- [1] Ковалев, М.М. Цифровая экономика – шанс для Беларуси / М.М. Ковалев, Г.Г. Головенчик. – Минск: Изд. центр БГУ, 2018. – 327 с.

Kovalev, M.M. Tsifrovaya ekonomika – shans dlya Belarusi / M.M. Kovalev, G.G. Golovenchik. – Minsk: Izd. tsentr BGU, 2018. – 327 p.

- [2] Что такое цифровая экономика? Тренды, компетенции, измерение: докл. к XX Апр. Междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 9–12 апр. 2019 г. / Г.И. Абдрахманова [и др.]; науч. ред. Л.М. Гохберг; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2019. – 82 с.

Chto takoye tsifrovaya ekonomika? Trendy, kompetentsii, izmereniye: dokl. k XX Apr. Mezhdunar. nauch. konf. po problemam razvitiya ekonomiki i obshchestva, Moskva, 9–12 apr. 2019 g. / G.I. Abdrakhmanova [et al.]; nauch. red. L.M. Gokhberg; Nats. issled. un-t «Vysshaya shkola ekonomiki». – M.: Izd. dom Vysshey shkoly ekonomiki, 2019. – 82 p.

- [3] Данильченко, А.В. Цифровая трансформация обрабатывающей промышленности Республики Беларусь: тенденции и перспективы развития / А.В. Данильченко, И.А. Зубрицкая, К.В. Якушенко; Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск: Право и экономика, 2019. – 246 с.

Danil'chenko, A.V. Tsifrovaya transformatsiya obrabatyvayushchey promyshlennosti Respubliki Belarus': tendentsii i perspektivy razvitiya / A.V. Danil'chenko, I.A. Zubritskaya, K.V. Yakushenko; Belarus. nats. tekhn. un-t. – Minsk: Pravo i ekonomika, 2019. – 246 p.

- [4] Прохоров, А. Цифровая трансформация. Анализ, тренды, мировой опыт / А. Прохоров, Л. Коник. – М.: ООО «АльянсПринт», 2019. – 368 с.

Prokhorov, A. Tsifrovaya transformatsiya. Analiz, trendy, mirovoy opyt / A. Prokhorov, L. Konik. – M.: ООО «Al'yansPrint», 2019. – 368 p.

- [5] Смирнов, Е.Н. Цифровая трансформация мировой экономики: торговля, производство, рынки / Е.Н. Смирнов. – М.: Мир науки, 2019. – 95 с.

Smirnov, Ye.N. Tsifrovaya transformatsiya mirovoy ekonomiki: trgovlya, proizvodstvo, rynki / Ye.N. Smirnov. – M.: Mir nauki, 2019. – 95 p.

- [6] Боровков, А.И. Новая парадигма цифрового проектирования и моделирования глобально конкурентоспособной продукции нового поколения / А.И. Боровков, В.М. Марусева, Ю.А. Рябов // Доклад «Цифровое производство: методы, экосистемы, технологии». – 2018. – С. 24–43.

- Borovkov, A.I. Novaya paradigma tsifrovogo proyektirovaniya i modelirovaniya global'no konkurentosposobnoy produktsii novogo pokoleniya / A.I. Borovkov, V.M. Maruseva, YU.A. Ryabov // Doklad «Tsifrovoye proizvodstvo: metody, ekosistemy, tekhnologii». – 2018. – P. 24–43.
- [7] Некрасов, А.Г. Модель жизненного цикла производственно-логистической системы предприятия / А.Г. Некрасов // НИР. Экономика фирмы. – 2017. – № 1 (18). – С. 21–25.
- Nekrasov, A.G. Model' zhiznennogo tsikla proizvodstvenno-logisticheskoy sistemy predpriyatiya / A.G. Nekrasov // NIR. Ekonomika firmy. – 2017. – № 1 (18). – P. 21–25.
- [8] Организация цифровых производств Индустрии 4.0 на основе киберфизических систем и онтологий / А.В. Гурьянов [и др.] // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2018. – Т. 18, № 2. – С. 268–277.
- Organizatsiya tsifrovyykh proizvodstv Industrii 4.0 na osnove kiberfizicheskikh sistem i ontologiy / A.V. Gur'yanov [et al.] // Nauchno-tekhnicheskyy vestnik informatsionnykh tekhnologiy, mekhaniki i optiki. – 2018. – T. 18, № 2. – P. 268–277.
- [9] Мясникова, О.В. Развитие логистических систем в условиях цифровой трансформации бизнеса / О.В. Мясникова. – Минск: Коллоград, 2019. – 203 с.
- Myasnikova, O.V. Razvitiye logisticheskikh sistem v usloviyakh tsifrovoy transformatsii biznesa / O.V. Myasnikova. – Minsk: Kolograd, 2019. – 203 p.
- [10] Мясникова, О.В. Промышленное предприятие как логистическая система: учеб. пособие / О.В. Мясникова. – Минск: Вышэйшая школа, 2019. – 287 с.
- Myasnikova, O.V. Promyshlennoye predpriyatiye kak logisticheskaya sistema: ucheb. posobiye / O.V. Myasnikova. – Minsk: Vysheyshaya shkola, 2019. – 287 p.
- [11] Мясникова, О.В. Цифровая трансформация в решении задач развития производственно-логистических систем / О.В. Мясникова // Бизнес. Инновации. Экономика: сб. науч. ст. / М-во образования Респ. Беларусь; Белорус. гос. ун-т; Ин-т бизнеса БГУ. – 2019. – Вып. 3. – С. 196–201.
- Myasnikova, O.V. Tsifrovaya transformatsiya v reshenii zadach razvitiya proizvodstvenno-logisticheskikh sistem / O.V. Myasnikova // Biznes. Innovatsii. Ekonomika: sb. nauch. st. / M-vo obrazovaniya Resp. Belarus'; Belorus. gos. un-t; In-t biznesa BGU. – 2019. – Vyp. 3. – P. 196–201.
- [12] Мясникова, О.В. Теоретико-концептуальные подходы к формированию производственно-логистической системы «умного производства» как социокриберфизической системы / О.В. Мясникова // Экономика. Управление. Инновации. – 2020. – № 1 (7) – С. 29–35.
- Myasnikova, O.V. Teoretiko-kontseptual'nyye podkhody k formirovaniyu proizvodstvenno-logisticheskoy sistemy «umnogo proizvodstva» kak sotsiokiberfizicheskoy sistemy / O.V. Myasnikova // Ekonomika. Upravleniye. Innovatsii. – 2020. – № 1 (7) – P. 29–35.