

Индустрия 4.0: цифровая трансформация обрабатывающей промышленности Республики Беларусь

И. А. Зубрицкая, старший преподаватель кафедры «Маркетинг»
E-mail: zubritskaya@tut.by

Белорусский национальный технический университет,
пр-т Независимости, д. 65, 220100, г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация. В научной статье систематизированы теоретико-методологические подходы к экономике и организации новых промышленных технологий, включая концепцию «Индустрия 4.0», исследованы тенденции влияния технико-технологических мегатрендов на экономическое развитие общества. На основании теоретико-методологической базы уточнены трактовки понятий «цифровые технологии» и «цифровая трансформация обрабатывающей промышленности», а также разработана идеальная модель цифрового промышленного предприятия, входящая в организационно-экономический механизм цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь.

Ключевые слова: технико-технологические мегатренды; технологические инновации; цифровые технологии; Индустрия 4.0; цифровая трансформация обрабатывающей промышленности; модель идеального цифрового промышленного предприятия

Для цитирования: Зубрицкая, И. А. Индустрия 4.0: цифровая трансформация обрабатывающей промышленности Республики Беларусь / И. А. Зубрицкая // Цифровая трансформация. – 2019. – № 3 (8). – С. 23–38. <https://doi.org/10.38086/2522-9613-2019-3-23-38>



© Цифровая трансформация, 2019

Industry 4.0: Digital Transformation of Manufacturing Industry of the Republic of Belarus

I. A. Zubritskaya, Senior lecturer, Department of Marketing
E-mail: zubritskaya@tut.by

Belarusian national technical University,
65 Independence Ave., 220100 Minsk, Republic of Belarus

Abstract. The article systematizes theoretical and methodological approaches to the economy and the organization of new industrial technologies, including Industry 4.0, the trends of influence of technical and technological megatrends on the economic development of society. Based on the theoretical and methodological framework refined interpretation of the concept "digital technology" and "digital transformation of manufacturing industry" and also developed the ideal model digital industrial enterprises included in the organizational-economic mechanism of the digital transformation of the manufacturing industry of the Republic of Belarus.

Key words: technical and technological megatrends; technological innovations; digital technologies; industry 4.0; digital transformation of the manufacturing industry; model of the ideal digital industrial enterprise

For citation: Zubritskaya I. A. Industry 4.0: Digital Transformation of Manufacturing Industry of the Republic of Belarus. *Cifrovaja transformacija* [Digital transformation], 2019, 3 (8), pp. 23–38 (in Russian). <https://doi.org/10.38086/2522-9613-2019-3-23-38>

© Digital Transformation, 2019

Введение. Актуальность вопросов области исследования экономики и организации новых промышленных технологий, включая «Индустрию 4.0», обозначена современными требованиями белорусского правительства с целью достижения опережающего развития обрабатывающей промышленности Республики Беларусь в условиях формирования цифровой экономики. Тенденции влияния новых промышленных технологий на экономическое развитие общества исследовались

в фундаментальных научных трудах представителей различных направлений экономической теории. Теоретико-методологическая база, созданная на теории институтов, позволяет обосновать ключевые компоненты механизма организации и экономики внедрения новых промышленных технологий, выбрать методы и инструменты новой промышленной политики, спрогнозировать результат её реализации. Представители институциональной теории К. Бруннер [1], А. Дензау [2],

Дж. Гэлбрейт [3 – 5], Р. Коуз [6], Д. Норт [7 – 11], О. Уильямсон [12], Т. Эггертссон [13], А. Н. Олейник [14], О.С. Сухарев [15], А. Е. Дайнеко [16], П. С. Лемещенко [17], А. И. Лученок [18], А. М. Баранов [19] подходят к процессам внедрения новых промышленных технологий как совокупности сложных организационных, экономических, социальных изменений в обществе, затрагивающих политические, культурные, духовные, психологические и иные отношения.

Историки-экономисты и политологи Р. Аллен [20, 21], Ж. Бланки [22], Ф. Бродель [23], Им. Валлерстайн [24], И. Манту [25] К. Маркс [26 – 28], А. Тойнби [29], Э. Дж. Хобсбаум [30], Дж. Хикс [31], Ф. Энгельс [32], К.М. Шваб [33], В. И. Ленин [34, 35], Р.М Гусейнов [36], М.В. Конотопов [37], В. А. Погребинская [38] рассматривают развитие и массовое внедрение в производство новых промышленных технологий как зарождение промышленной революции, в ходе которой изменяются производственные отношения и формируются новые экономические, общественно-политические и социальные системы [А–1, А–17, А–18].

Представители теории модернизации промышленности М. А. Бендиков [39], Н. И. Богдан [40, 41], А. Е. Варшавский [42], Б. Н. Кузык [43], И. А. Макарова [44], Ю. В. Яковец [45] выявляли факторы и критерии оценки влияния инновационных промышленных технологий на развитие высокотехнологического сектора экономики.

Исследователями теории экономического роста М. Абрамовичем [46], Дж. Гринвудом [53], Д. Голлином [48], Д. Йоргенсоном [49, 50], С. Кузнецом [51, 52], П. Ромером [11], М.Слайдом [54] Р. Солоу [55] Р. Э. Лукасом [56] изучены закономерности экономического роста и влияние научно-технического прогресса как его интенсивного фактора.

Теоретико-методологическую базу исследования содержания новых промышленных технологий формируют научные исследования циклично-волнового экономического развития, которыми занимались И. Ансофф [57], Б. Твисс [58], Н.Д. Кондратьев [59], С. Ю. Глазьев [60, 61], Д. С. Львов [62], А.А. Быков [63] .

Как отмечают современные белорусские ученые В. Ф. Байнев [64, 65], А. А. Быков [63], М. М. Ковалев [66], Л. Н. Нехорошева [67, 68] базой устойчивого социально-экономического развития являются новые промышленные (технологические) инновации, массовое внедрение которых приводит к смене технологического уклада (началу промышленной революции), что призна-

ется ключевой составляющей экономического роста. В современных условиях влияние технико-технологических мегатрендов на экономическое развитие, отмечает в своих научных публикациях Л. Н. Нехорошева, «имеет не линейную, а, скорее, экспоненциальную зависимость...» [67, с. 96]. При этом современная экономическая наука рассматривает новую промышленную технологию как новый «способ преобразования вещества, энергии, информации в процессе изготовления продукции, обработки и переработки материалов, сборки готовых изделий, контроля качества, управления» [68, с. 30].

Выявленные в результате анализа научных трудов классиков экономической теории и современных ученых-экономистов тенденции механизмов замещения технологических укладов и зарождения промышленных революций, рассмотренные в хронологической последовательности, позволяют сделать вывод об идентичности их технико-технологических ядер (основ) и технологических укладов (таблица 1), а также выявить интернациональный характер технологических инноваций в течение двух столетий.

С развитием микроэлектроники, интернета, автоматизированных систем производства и управления, информационно-коммуникационных технологий (IV, V технологический уклады – третья промышленная революция) достигается возможность производства промышленных изделий нано-уровня, управления киберфизическими системами, когнитивными и биотехнологиями, которые образуют технологическое ядро четвертой промышленной революции и основу для замещения V и VI технологических укладов.

Основная часть. Признавая значимость результатов проведенных ранее исследований, которые позволили выявить тенденции влияния технологических инноваций на экономическое развитие общества, а также определить направления научной разработки организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь, следует отметить, что вопросы организации и экономики технологических инноваций слабо изучены, а тематика управления технологическими инновациями остается вне рассмотрения существующих концепций экономической теории. Интернациональный характер технологических инноваций и их опережающее развитие оказывает непосредственное влияние на экономическую трансформацию Республики Беларусь как открытой экономической системы

Таблица 1. Ключевые технико-технологические факторы промышленных революций и доминирующих технологических укладов

Table 1. Key technical and technological factors of industrial revolutions and dominant technological structures

Промышленные революции	Доминирующие технологические уклады	Технико-технологические ядра промышленных революций	Виды экономики	Социальная форма	Организационно-управленческие формы
1	2	3	4	5	6
Производственные перевороты в доиндустриальный период (до середины XVIII века)	I	Преобразование энергии ветра, воды, огня, людей, животных в тепловую и механическую энергию	Доиндустриальная	Ведение домашнего хозяйства	Мелкие артели ремесленников
Первая промышленная революция (последняя треть XVIII века — первая половина XIX века)	II	Преобразование тепловой энергии в энергию пара, масштабное внедрение паровой механизации	Индустриальная	Использование наемного труда	Промышленные мануфактуры
Вторая промышленная революция (вторая половина XIX и начало XX века)	III	Полная электрификация производства, производство высококачественной стали, масштабное распространение железных дорог, электричества и химикатов		Применяются системы Тейлоризма научной организации труда, теория	Отраслевые монополии
Третья промышленная революция (середина — конец XX века)	IV, V,	Автоматизация производства, информационно-коммуникационные технологии, компьютерные сети, Интернет.	Постиндустриальная	Горизонтальная и вертикальная интеграция общественного производства	Межотраслевые промышленные сети, многонациональные корпорации
Четвертая промышленная революция (начало XXI века)	V, VI	Промышленный интернет вещей, Искусственный интеллект, облачные технологии, робототехнические, киберфизические производственные системы	Цифровая	Интеллектуальное, креативное производство товаров, работ, услуг	Глобальная интеграция, сети промышленной кооперации и субконтракции

Примечание. Разработано на основе [1–38; 57–68].

Note. Developed on the basis of [1–38; 57–68].

мировой цифровой экономики. В связи с этим её национальное становление зависит от скорости и масштаба внедрения цифровых технологий в различные сферы народного хозяйства. Вопросы научного обоснования внедрения импортных или создания национальных цифровых технологий могут быть разрешены с помощью использования практик прогнозирования, генерирования, заимствования и апробации цифровых решений с использованием накопленного научно-технического потенциала на базе развитой национальной инновационной инфраструктуры.

Проведенный анализ зарубежных [72–78] и российских [79 – 83] научных публикаций, а также принятых за это время мировой общественностью цифровых стратегий и инициатив, результаты которого опубликованы в [84], позволил сгруппировать технико-технологические мегатренды по критерию широты их применения в обрабатывающей промышленности:

1) создание сквозной автоматизации и интеграции управленческих и производственных процессов в единую киберфизическую систему управления цепочками добавленной стоимости на основе цифровых технологий: промышленного интернета вещей и искусственного интеллекта;

2) применение «облачных» технологий для обработки и хранения больших объемов данных;

4) массовое внедрение роботизированных технологий в производство;

5) формирования аналитики на основе искусственного интеллекта с применением систем «больших данных».

На основании результатов проведенных исследований выявлены различия между понятиями «компьютерные технологии», «информационно-коммуникационные технологии» и «цифровые технологии», что позволило сделать следующие выводы.

Цифровые технологии, ранее не используемые в промышленности, авторами научных публикаций трактуются «новыми», «инновационными», «подрывными» или «прорывными». При этом подчеркиваются экономические эффекты от внедрения цифровых технологий [63–80]. Авторы связывают с их внедрением интенсивный рост технико-экономических показателей деятельности предприятий, комплексов, отраслей обрабатывающей промышленности.

Результат анализа отчета международной консалтинговой компании PWC (база расчета 2216 респондентов) показал, что под термином

«цифровой» большинством опрошенных понимаются «все мероприятия, связанные с технологическими инновациями» [72. С.16].

Термин «цифровые технологии» больше не воспринимается современными экспертами как синоним информационных технологий, компьютерных технологий или информационно-коммуникационных технологий. За последних двенадцать лет «произошел переход к более широкому пониманию цифровых технологий и их влияния на клиентов, культуру бизнеса и его результаты» [74, С.9]. Отсюда используется следующее определение «цифровые технологии – интернет, мобильные телефоны и все прочие средства сбора, хранения, анализа информации и обмена ею в цифровой форме» [75, С.44].

В зарубежных научных источниках цифровую трансформацию (Digital transformation) рассматривают как процесс внедрения цифровых технологий в производственные и бизнес-процессы [74]. В результате этой деятельности промышленного предприятия значительно изменяется, происходит цифровая трансформация всех звеньев цепочки добавленной стоимости. На основе систематизации предлагаемых трактовок понятия «цифровые технологии» [72–75] разработано его уточненное определение, в отличие от существующих содержащее: цель применения; технические возможности и коммерческое значение данных в цифровой форме.

Цифровые технологии – это комплекс информационных, информационно-коммуникационных, сетевых технологий, основанных на принципе преобразования структурированных и неструктурированных данных в цифровые активы, а также способы их хранения, обработки, аналитики, адаптированные для оперативного принятия управленческих решений.

Объединение цифровых технологий с физическими системами и объектами положило начало перехода от эпохи информационных технологий к эпохе киберфизических систем.

Киберфизические производственные системы – это самостоятельный обмен данными между «умными» машинами, складскими системами и средствами производства [73].

Киберфизическая система цифрового промышленного предприятия имеет возможность интерактивного объединения через широкополосный доступ с другими такими же цифровыми предприятиями (организациями), интегрированными в единую глобальную сеть на основании международных стандартов [75].

Киберфизические системы – это результат цифровизации и интеграции вертикальной и горизонтальной цепочек создания добавленной стоимости, а также предлагаемых товаров и услуг, появления новых цифровых платформ взаимодействия с поставщиками и потребителями [86].

Таким образом, в результате анализа дефиниций «киберфизическая система», «технологическая инновация», «новая промышленная технология», «технико-технологические глобальные мегатренды» определена логическая взаимозависимость между этими понятиями: цифровые технологии концепции «Индустрия 4.0» сегодня относятся к новым промышленным технологиям, образуют глобальные технико-технологические мегатренды, входят в состав киберфизических систем, а их внедрение в производственные процессы приводит к сокращению затрат, росту производительности труда, повышению конкурентоспособности, что, по определению, является технологической инновацией.

Результаты анализа организационно-экономических аспектов внедрения цифровых технологий концепции «Индустрия 4.0» (технико-технологических средств глобальных мегатрендов), опубликованные в научной статье [84], позволили выделить конкурентные преимущества, приобретаемые участниками цепочек добавленной стоимости в результате цифровой трансформации:

- оперативное управление всеми звеньями цепочки добавленной стоимости промышленного изделия;
- сокращение времени разработки и коммерциализации высокотехнологичной продукции на международном рынке;
- снижение постоянных и переменных затрат;
- повышение производительности оборудования;
- способность оперативного выполнения индивидуального промышленного заказа в рамках поточного производства, адаптивность производства;
- инвестиционная привлекательность;
- гибкость и прозрачность системы управления, которые гарантируют экономическую эффективность деятельности предприятия;
- возможность сквозной интеграции цифровых промышленных предприятий в сетевых взаимодействиях и т. д.

В условиях становления цифровой экономики объектом анализа и планирования цепочек добавленной стоимости становятся не отдельные цифровые предприятия, а их объединения — ин-

тегрированные производственные киберфизические системы, в которых повышение конкурентоспособности достигается за счет оперативного адаптивного реагирования на внутренние и внешние изменения во всей цепочке добавленной стоимости. В постоянном взаимодействии в достижении общих целей, с ростом производительности труда предприятия развиваются, оперативно адаптируются к изменениям внешней среды.

Снижение неопределенности и риска за счет постоянной коннективности (непрерывных во времени связях, благодаря цифровым технологиям) позволяет избежать брака продукции и простоев производственного оборудования; сократить время и затраты на выполнение НИОК(Т)Р, производственных, логистических, коммуникационных процессов.

Экономические выгоды промышленного предприятия создаются за счет: дополнительного дохода от применения цифровых технологий в производственных процессах или путем использования в производстве киберфизических систем; снижения общепроизводственных и общехозяйственных затрат благодаря использованию технико-технологических средств концепции «Индустрии 4.0»; получения иных выгод от использования цифровых активов.

С целью уточнения трактовки понятия «цифровая трансформация обрабатывающей промышленности» проведена систематизация взаимодополняющих понятий, связанных с цифровой трансформацией промышленности (таблица 2).

Таким образом, цифровая трансформация обрабатывающей промышленности – это процесс преобразования звеньев цепочек добавленной стоимости промышленного продукта в цифровые промышленные предприятия, управляющие с применением цифровых технологий: цифровыми активами, киберфизическими производственными системами, жизненным циклом промышленного изделия.

Анализ работ исследователей модернизации экономики [39 – 45, 92 – 96] позволил систематизировать понятия «модернизация», «реинжиниринг», «реинжиниринг» и «цифровая трансформация промышленности» и выявить функциональные взаимосвязи между этими понятиями. Цифровая трансформация является эффективным инструментарием реинжиниринга и модернизации, средством повышения эффективности производства и рационального использования ресурсов предприятия. Ее интенсивность зависит от цифровой экосистемы и институцио-

Таблица 2. Взаимодополняющие понятия и их определения, относящиеся к процессам и явлениям цифровой трансформации обрабатывающей промышленности

Table 2. Concepts that complement each other and their definitions related to the processes and phenomena of digital transformation of the manufacturing industry

Понятие	Определение понятия
1	2
Единое цифровое промышленное пространство	совокупность цифровых промышленных платформ, основанных на общих информационных системах и ресурсах, которые внедрены на предприятиях промышленности в рамках интеграционной системы
Цифровая платформа	информационная система, поддерживающая цифровые процессы, использование, ресурсов и цифровых сервисов значительным количеством субъектов цифровой экосистемы и обеспечивающая возможность их взаимодействия
Цифровая платформа промышленности	информационная система алгоритмизированных взаимоотношений промышленных субъектов рынка, объединенных единой информационной средой, созданная с целью снижения транзакционных издержек за счет общего применения пакета цифровых технологий и изменений в системе разделения труда (АСУТП; платформы промышленной аналитики по обработке «больших данных», платформы для промышленного интернета вещей; платформы для имитационного моделирования; платформы для сквозного планирования и управления промышленными системами; «облачные» платформы; платформы жизненного цикла промышленных изделий и др.)
Цифровое преобразование	комплекс мероприятий, по оцифровке структурированных и неструктурированных данных, сопровождающих бизнес-процессы
Цифровые компетенции	осознанное и ответственное использование цифровых технологий в обучении, работе, общественной жизни, способность к цифровому сотрудничеству, обеспечению кибербезопасности и решению вопросов цифровой трансформации
Цифровые навыки	приобретаемая грамотность, включающая, личностные, технические и интеллектуальные привычки, которые необходимы для адаптации в цифровом обществе
Цифровой актив	совокупность информации в цифровой форме и цифровых технологий на основе конкурентной бизнес-модели, использование которой приводит к получению экономических выгод
Цифровая трансформация	проявление качественных, революционных изменений, заключающихся в цифровых преобразованиях бизнес-процессов, приводящих к принципиальному изменению структуры экономики, которая заключается в смещении центров создания добавленной стоимости в цепочку цифровых ресурсов и сквозных цифровых процессов
Цифровая экономика	система социально-экономических отношений, в которой ключевым производственным фактором являются цифровые активы, при этом преобразованы процессы производства, распределения, обмена и потребления с использованием цифровых технологий
Цифровая экосистема	открытая устойчивая система, включающая субъекты цифровой экосистемы (цифровые промышленные предприятия, организации), а также связи и отношения этих субъектов в цифровой форме на основе сервисов цифровой платформы

Продолжение таблицы 2
Table 2 (continuation)

Цифровое пространство интеграционной системы	пространство, в котором интегрируются цифровые процессы, средства цифрового взаимодействия, информационные ресурсы, а также совокупность цифровых инфраструктур, на основе норм регулирования, механизмов организации, управления и использования
Цифровизация промышленного предприятия	это перевод структурированной и неструктурированной информации в цифровые активы предприятия и превращение производственной системы предприятия в киберфизическую
Цифровое предприятие	способ организации эффективного производства на основе комплексного применения высокоинтегрированных цифровых технологий, автоматизации, «цифровых двойников», цифрового моделирования и обработки информации на всех стадиях жизненного цикла промышленной продукции
Цифровой двойник	цифровое представление физического объекта (процесса), наиболее точно отображает его реальное состояние, рабочие характеристики, прогнозирует оставшийся ресурс, позволяет выдавать рекомендации для оптимизации процесса, оптимальной работы объекта
Цифровые промышленные решения	инженерная ИТ-продукция, апробированная на традиционных промышленных предприятиях, в результате получен экономический эффект

Примечание. Разработано на основе [70 – 75; 77 – 84].
Note. Own development based on [70 – 75; 77 – 84].

нальной среды. Происходящие цифровые преобразования промышленности индустриальной страны воздействуют на существующие институты и трансформируют их. Цифровая трансформация промышленности может сопровождаться реформами в национальном и международном законодательствах, реструктуризацией и организационными преобразованиями субъектов промышленности.

Анализ мирового опыта цифровой трансформации промышленности [84, 90], а также систематизация предлагаемых авторами структур цифрового предприятия [77, 79– 81] позволили выявить функциональную архитектуру цифрового промышленного предприятия и его отличия от традиционного.

Цифровое промышленное предприятие (рисунок 1). представляет интерактивную систему управления цепочками добавленной стоимости, объединяющую традиционные методы управления, цифровые технологии, платформы, экосистемы и цифровые активы, что обеспечивает возможность позаказного, индивидуализированного производства и позволяет:

- осуществлять производственный выпуск мелких партий промышленных изделий по требованиям потребителей;

- сократить сроки выполнения производственного заказа;

- минимизировать производственные и складские запасы.

Под цифровым промышленным предприятием следует понимать интегрированный комплекс вычислительных ресурсов и физических процессов деятельности предприятия с применением цифровых моделей, методов и инструментов, взаимосвязанных на основе системы управления предприятием.

В такой системе датчики, оборудование и информационные системы соединены на протяжении всей цепочки добавленной стоимости промышленного продукта, выходящей за рамки отдельно взятого предприятия. Особенностью киберфизических архитектур является оперативная подготовка и сопровождение процессов принятия управленческих решений на основе модулей искусственного интеллекта, промышленного интернета вещей, адаптивного промышленного оборудования, управления инженерными знаниями, всеобщего менеджмента качества и других технико-технологических средств, представленных в [84], интегрированных в одну киберфизическую архитектуру промышленного предприятия, которая может быть интерактивно объединена с другими такими же, интегрированными на основании международных стандартов в единую глобальную сеть [85].

В целом, экономический эффект обеспечивается путем реализации продукции необходи-

мого потребителю качества и количества, за счет чего снижаются издержки предприятия на проведение акций и распродаж качественной продукции по более низкой цене с целью минимизации сбытовых запасов [86].

Основой для разработки алгоритма цифровой трансформации промышленного предприятия является результат анализа производственно-экспортной деятельности предприятия, уровня его технико-технологической готовности к цифровой трансформации [87]. Такой анализ позволяет сформировать цели цифровой трансформации для конкретного предприятия на основании внешнего всестороннего ситуационного анализа. Постановка конкретных целей цифровой трансформации промышленного предприятия при ограниченных ресурсах является ключевым критерием в выборе цифровизации производственных и (или) бизнес-процессов.

В соответствии со стандартами Международной ассоциации производителей систем управления производством производственно-исполнительные системы MES (Manufacturing Execution System и их аналоги), расширяют возможности ERP (и ее аналогов) и предназначены для цифрового оперативного контроля состояния

производственных ресурсов предприятия, их планирования и хранения, а также оптимального использования [77, 78].

В свою очередь, системы MES объединены с автоматизированными информационными системами цеховых процессов SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) и их аналогами, системами управления жизненным циклом промышленного продукта PLC (Product Life Cycle) и их аналогами и т.д. [79, 80].

Ключевыми отличиями цифрового предприятия от традиционного являются: циклический непрерывный обмен цифровыми активами между производственным оборудованием; согласованность действий участников цепочек добавленной стоимости на всех стадиях жизненного цикла промышленного изделия; снижение неопределенности и рисков в цепочке добавленной стоимости за счет применения цифровых технологий обработки, передачи и хранения структурированных и неструктурированных данных.

Постоянная коннективность и согласованность действий цифровых предприятий в цепочках добавленной стоимости обеспечивает формирование конкурентных преимуществ для цифровых предприятий, отраслей, ком-

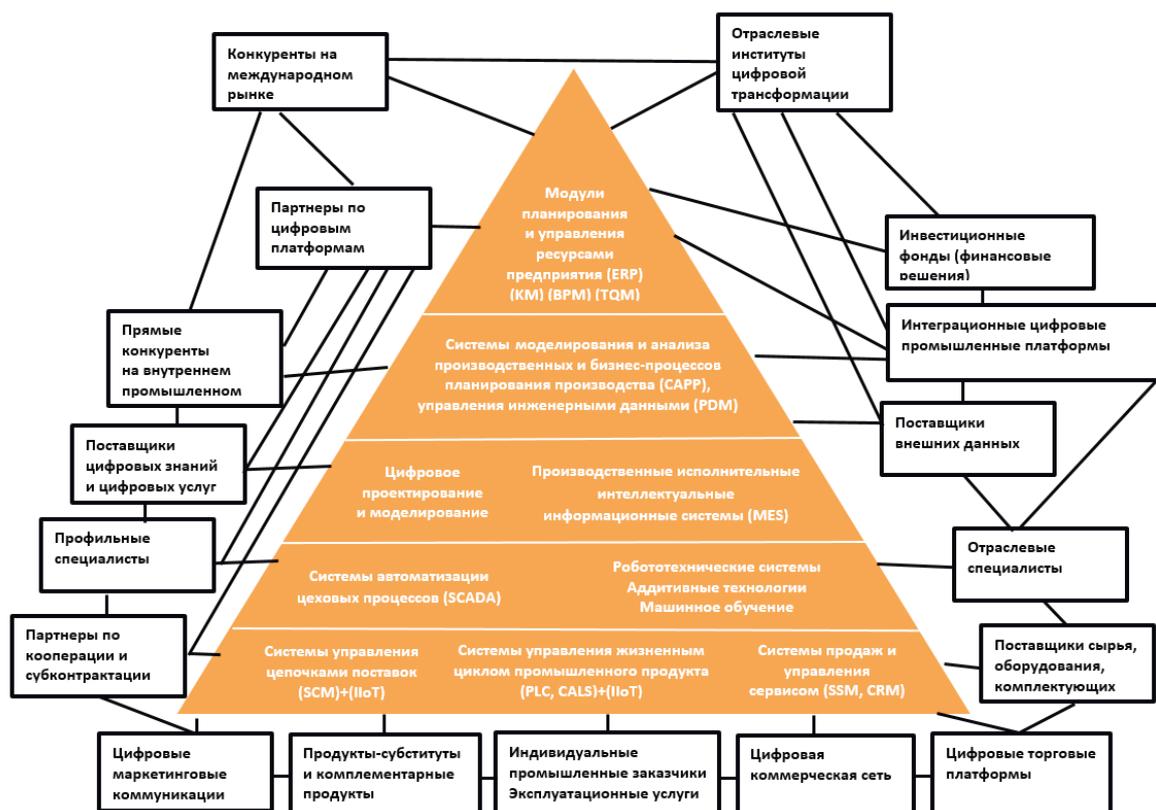


Рис. 1. Модель идеального цифрового промышленного предприятия
Примечание. Собственная разработка на основе [70; 72–76; 77–81; 83–90].

Fig. 1. Model of Ideal Digital industrial Enterprise
Note. Own development based on [70; 72–76; 77–81; 83–90].

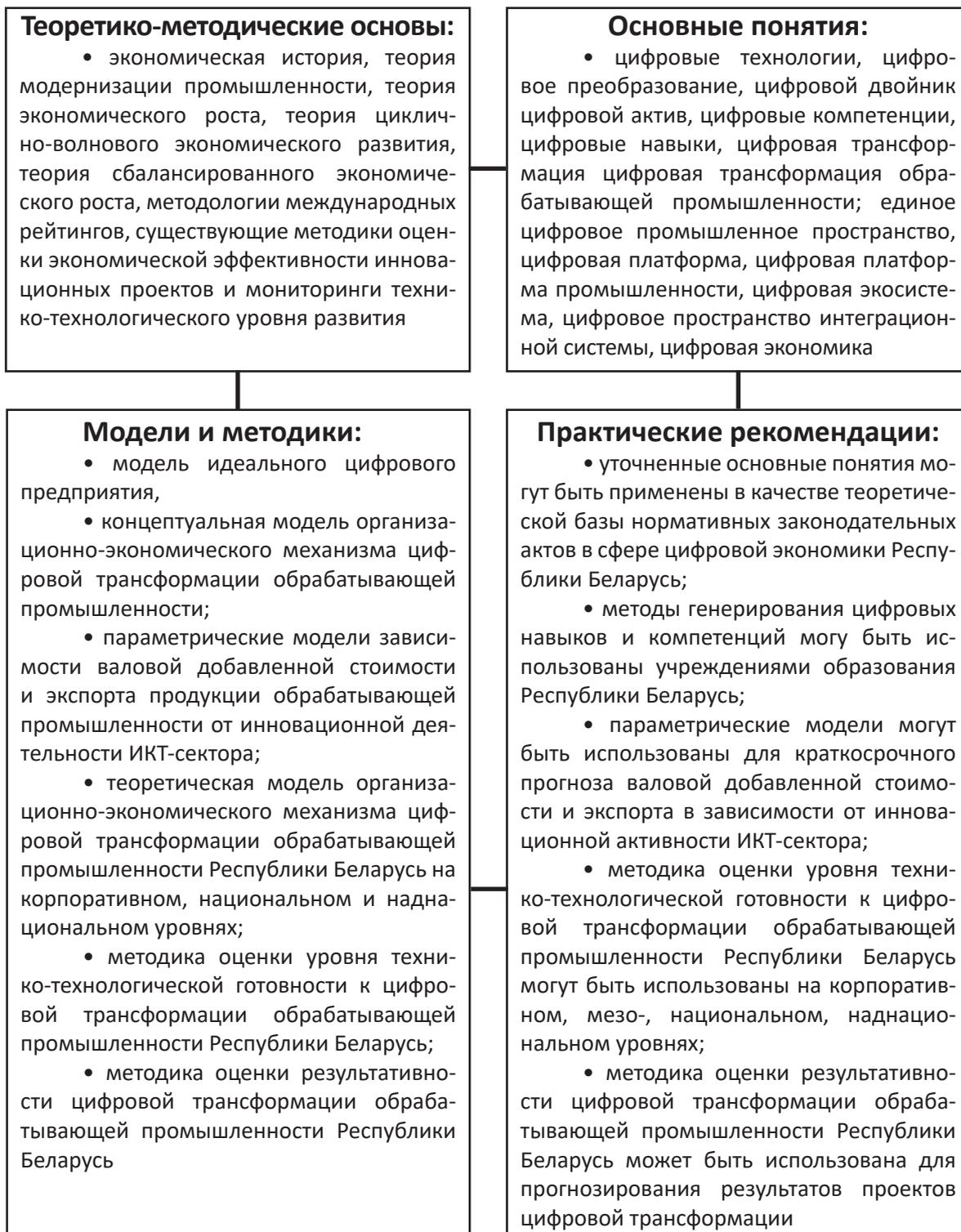


Рис. 2. Логико-структурная схема организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь

Примечание. Источник: собственная разработка.

Fig. 2. Logical and structural diagram of organizational and economic mechanism of digital transformation of manufacturing industry of the Republic of Belarus

Note. Own development.

плексов обрабатывающей промышленности за счет синергетического эффекта, получаемого вследствие такого взаимодействия. Решения, принимаемые на основе вариативности искусственного интеллекта с учетом изменяющихся

факторов внешней и внутренней среды, обеспечивают снижение волатильности в цепочках добавленной стоимости. Синергетический эффект, сопровождающий цифровую трансформацию обрабатывающей промышленности, создает

ся за счет постоянной связи между основными и поддерживающими бизнес-процессами, киберфизическими системами в цифровой интеграционной экосистеме, позволяющей гибкое управление интеграционными цепочками добавленной стоимости.

Заключение. В результате настоящего исследования уточнены трактовки определений «цифровые технологии» и «цифровая трансформация обрабатывающей промышленности», разработана модель идеального цифрового предприятия, которые являются составляющими организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности (рисунок 2) и могут быть рекомендованы к применению в качестве дополнения теоретико-методической базы нормативно-законодательных актов, действующих в рамках становления цифровой экономики, развития науки, промышленности, образования.

Теоретико-методологическое содержание экономики и организации технологических инноваций, разработанный понятийный аппарат цифровой трансформации обрабатывающей промышленности, а также проведенные исследования [84–90] позволили сформировать логическую структуру организационно-экономического механизма цифровой трансформации

обрабатывающей промышленности Республики Беларусь (рис. 2).

В логической структуре механизма взаимосвязанные и взаимозависимые его составляющие: теоретико-методические основы; основные понятия (приведенные в настоящей статье); модели и методики, опубликованные в научных исследованиях [84; 89; 90]; очередности этапов реализации организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь и практические рекомендации, необходимые для методического обеспечения и дальнейшей практической реализации организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь, описанные в работе [86].

Таким образом, в соответствии с целями устойчивого развития организационно-экономический механизм цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь основан на: научном разноуровневом институциональном подходе к цифровым преобразованиям обрабатывающей промышленности; обосновании выбора стратегий цифровой трансформации промышленных предприятий и участия цифровых промышленных предприятий в интеграционных цепочках добавленной стоимости [90].

Список литературы

1. Бруннер, К. Представление о человеке и концепция социума: два подхода к пониманию общества / К. Бруннер // THESIS: теория и история экономических и социальных институтов и систем. Мир человека. – 2008. – № 5. – С. 27 – 29.
2. Denzau, A., North, D. Shared Mental Models: Ideologies and Institutions. – Kykios, 1994. – Vol. 47, No. 1. – pp. 46–50.
3. Гэлбрейт, Д. К. Великий крах 1929 года / Д. К. Гэлбрейт; пер. с англ. С. Э. Борич. – Минск: Попурри, 2009. – 255 с.
4. Гэлбрейт, Д. К. Новое индустриальное общество; Избранное / Д. К. Гэлбрейт. – М.: Эксмо, 2008. – 1197 с.
5. Гэлбрейт, Д. К. Экономика невинного обмана: правда нашего времени / Д. К. Гэлбрейт. – М.: Европа, 2009. – 86 с.
6. Коуз, Р. Г. Фирма, рынок и право: сб. ст./ Р. Г. Коуз; пер. с англ. – М.: Фонд «Либеральная миссия»: Новое издательство, 2007. – 221 с.
7. Норт, Д. Институты и экономический рост: историческое введение / Д. Норт // THESIS. – 2011. – № 21. – С. 47-51.
8. Норт, Д. Институты, идеология и эффективность экономики / Д. Норт // От плана к рынку: будущее посткоммунистических республик. – 2009. – №17. – С. 11–16.
9. Норт, Д. Институты, институциональные изменения и функционирование экономики / Д. Норт. – М.: Фонд экономической книги «Начала», 2007. – 218 с.
10. Норт, Д. Институциональные изменения: рамки анализа / Д. Норт // Вопросы экономики. – 2010. – № 3. – С. 37 – 41.
11. Норт, Д. Понимание процесса экономических изменений / Д. Норт. – М.: Изд. дом Гос. ун-та – Высшей школы экономики, 2010. – 198 с.
12. Вильямсон, О. Экономические институты капитализма. Фирмы, рынки, отношения, контракция / О. Вильямсон. – СПб.: Лениздат, 1996. – 149 с.
13. Эггертссон, Т. Экономическое поведение и институты / Т. Эггертссон. – М.: Дело, 2010. – 193 с.
14. Олейник, А. Н. Институциональная экономика / А. Н. Олейник. – М.: ИНФРА-М, 2010. – 176 с.
15. Сухарев, О.С. Институциональная экономика: теория и политика / О.С. Сухарев / Рос. акад. наук, Ин-т экономики, ЭТСП / редкол.: Л. И. Абалкин [и др.]. – М.: Наука, 2008. – 862 с.
16. Дайнеко, А.Е. Система экономических институтов Республики Беларусь / А. Е. Дайнеко [и др.]. – Минск: Белорусская наука, 2015. – 277 с.

17. Лемещенко П.С. Институциональная экономика: теория, политика, практика: учебное пособие / П. С. Лемещенко. – Минск: Мисанта, 2015. – 699 с.
18. Лученок А. И. Институты правят экономикой / А. И. Лученок; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т экономики. – Минск: Беларуская навука, 2018. – 279 с.
19. Баранов, А.М. Разработка институционально-правовой регламентации создания информационных кластеров Беларуси: опыт ЕС и ЕАЭС /А.М. Баранов, Е.А. Западнюк//Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины: науч.- практ. журнал. – 2016. – №5. – С. 95-100.
20. Аллен, Р. Глобальная экономическая история : крат. введ. / Р. Аллен ; пер. с англ. Ю. Каптуревского. – М. : Изд-во Ин-та Гайдара, 2013. – 221 с.
21. Аллен, Р. Британская промышленная революция в глобальной картине мира / Р. Аллен ; пер. с англ. Н. В. Автономовой ; под ред. В. С. Автономова. – М. : Изд-во Ин-та Гайдара, 2014. – 441 с.
22. Бланки, Ж. А. История политической экономии в Европе с древнейшего до настоящего времени : в 2 т. / Ж. А. Бланки ; пер. с 4-го фр. изд. П. А. Бибилова. – Изд. 2-е. – М. : URSS : Либроком, 2012. – Т. 2 : От XVIII до первой трети XIX века. – 428 с.
23. Бродель, Ф. Материальная цивилизация, экономика и капитализм, XV–XVIII вв. : пер. с фр. : в 3 т. / Ф. Бродель ; вступ. ст. и ред. Ю. Н. Афанасьева. – М. : Весь мир, 2006–2007. – Т. 3 : Время мира. – 2007. – 731 с.
24. Валлерстайн, И. Анализ мировых систем и ситуация в современном мире : сборник / И. Валлерстайн ; пер. с англ. П. М. Кудюкина ; под ред. Б. Ю. Кагарлицкого. – СПб. : Унив. кн., 2001. – 414 с.
25. Манту, П. Промышленная революция XVIII столетия в Англии / П. Манту ; пер. с фр. М. Е. Ландау. – М. ; Л. : Гос. изд-во, 1925. – XIV, [2], 359 с.
26. Маркс, К. Капитал: критика политической экономии : в 3 кн. / К. Маркс ; предисл. Ф. Энгельса. – М. : Политиздат, 1973–1978. – 3 кн.
27. Маркс, К. Машины. Применение природных сил и науки (пар, электричество, механические и химические факторы) / К. Маркс // Сочинения : в 50 т. / К. Маркс, Ф. Энгельс. – Изд. 2-е. – М., 1973. – Т. 47. – С. 351–583.
28. Маркс, К. Манифест Коммунистической партии / К. Маркс, Ф. Энгельс. – М. : Политиздат, 1989. – 62 с.
29. Тойнби, А. Промышленный переворот в Англии в XVIII столетии : пер. с англ. / А. Тойнби ; предисл. А. И. Чупрова. – Изд. стер. – М. : URSS : Либроком, 2015. – XIX, 329 с.
30. Хобсбаум, Э. Дж. Век капитала, 1848–1875 / Э. Дж. Хобсбаум ; пер. с англ. Т. Горяиновой, В. Белоножки. – Ростов н/Д : Феникс, 1999. – 476 с.
31. Хикс, Д. Теория экономической истории : пер. с англ. / Д. Хикс ; под общ. ред. и с вступ. ст. Р. М. Нуреева. – М.: Журн. «Вопр. экономики», 2005. – 223 с.
32. Энгельс, Ф. Положение рабочего класса в Англии / Ф. Энгельс. – СПб. : Молот, 1905. – 240 с.
33. Шваб, К.М. Четвертая промышленная революция/К. М. Шваб. – М.: Издательство, 2016. – 317 с.
34. Ленин, В. И. Полное собрание сочинений : в 55 т. / В. И. Ленин. – 5-е изд. – М. : Политиздат, 1975–1983. – Т. 3 : Развитие капитализма в России. – 1975. – 791 с.
35. Ленин, В. И. Развитие капитализма в России/ В. И. Ленин//Полн. собр. соч. в 55 т.– 5 изд.– М., 1975. – Т. 2. – 591 с.
36. Гусейнов, Р. М. Экономическая история. История экономических учений : учебник / Р. М. Гусейнов, В. А. Семенихина. – 3-е изд., стер. – М. : Омега-Л, 2009. – 383 с.
37. Конотопов, М. В. История экономики России : учебник / М. В. Конотопов, С. И. Сметанин. – 8-е изд., стер. – М.: КноРус, 2015. – 351 с.
38. Погребинская, В. А. Социально-экономическая модернизация России и мира в период второй промышленной революции (последняя треть XIX – начало XX в.) : учеб. пособие / В. А. Погребинская. – М. : Инфра-М, 2012. – 223 с.
39. Бендиков, М. А. Высокотехнологичный сектор промышленности России = Russian high-technology industry: состояние, тенденции, механизмы инновационного развития / М. А. Бендиков, И. Э. Фролов. – М. : Наука, 2007. – 583 с.
40. Богдан, Н. И. Инновационная динамика: глобальные тенденции и перспективы Беларуси / Н. И. Богдан. – Минск : Энциклопедикс, 2012. – 195 с.
41. Богдан, Н. И. Сектор высоких технологий: методологические основы формирования и задачи развития / Н. И. Богдан // Государственное регулирование экономики и повышение эффективности деятельности субъектов хозяйствования : шестая междунар. науч.-практ. конф., Минск, 22–23 апр. 2010 г. : сб. науч. ст. : в 2 ч. / Акад. упр. при Президенте Респ. Беларусь ; редкол.: С. А. Пелих (пред.) [и др.]. – Минск, 2010. – Ч. 1. – С. 336–341.
42. Варшавский, А. Е. Наукоёмкие отрасли и высокие технологии: определение, показатели, техническая политика, удельный вес в структуре экономики России / А. Е. Варшавский // Экон. наука соврем. России. – 2000. – № 2. – С. 61–83.
43. Кузык, Б. Н. Россия – 2050 : стратегия инновационного прорыва /Б. Н. Кузык, Ю. В. Яковец. – М.: Изд-во «Экономика». – 2004. – 632 с.
44. Макарова, И. А. Формирование механизма управления инновациями на предприятиях высокотехнологичных секторов экономики: автореф. дис. канд. экон. наук : 08.00.05 / И. А. Макарова; Санкт-Петерб. гос. ун-т информац. технологий, механики и оптики. – Санкт-Петербург, 2011. – 15 с.
45. Яковец, Ю. В. Ускорение научно-технического прогресс: теория и экономический механизм / Ю. В. Яковец. – М.: Экономика, 1988. – 333 с.

46. Abramovitz, M. Resource and output trends in the United States since 1870 / M. Abramovitz // *American Economic Review*. – 1956. – Vol. 46. – P. 5–23.
47. Greenwood, J. Accounting for Growth / J. Greenwood, B. Jovanovic // *Rochester Center for Economic Research Working paper*. University of Rochester. – 2000 – P. 179–224.
48. Gollin, D. Getting income shares right / D. Gollin // *Journal of Political Economy*. – № 110 – 2002 – P. 458–474.
49. Jorgenson, D. W. The explanation of productivity change / D. W. Jorgenson, Z. Griliches. – *Review of Economic Studies*, 1967. – Vol. 34. – P. 249–283.
50. Jorgenson, D. W. Productivity and U. S. Economic Growth / D. W. Jorgenson, F. M. Gollop, B. M. Fraumeni. – Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1987.
51. Kuznets, S. S. Economic Growth of Nations / S. S. Kuznets. – Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1971.
52. Кузнец, С. Современный экономический рост: результаты исследований и размышлений: Нобелевская лекция / С. Кузнец // *Нобелевские лауреаты по экономике: взгляд из России : к Междунар. симп. «Нобелевские лауреаты по экономике и рос. экон. шк.»*, Санкт-Петербург, 16–18 сент. 2003 г. / ред. Ю. В. Яковец. – СПб., 2003.
53. Romer, P. Endogenous technological change / P. Romer // *Journal of Political Economy*. – № 98 (5, Part 2). – 1990 – P. 71–102.
54. Slade, M.E. Modeling stochastic and cyclical components of technical change: An application of the Kalman filter / M.E. Slade // *Journal of Econometrics*. № 3.-1989.-P363-383.
55. Solow, R. M. Technical Change and the Aggregate Production Function / R. M. Solow // *The Review of Economics and Statistics*. – 1957. – Vol. 39, No. 3. – P. 312–320.
56. Лукас, Р. Э. Лекции по экономическому росту / Р. Э. Лукас; пер. с англ. Д. Шестакова. – М.: Издательство Института Гайдара, – 2013. – 281 с.
57. Ансофф, И. Стратегическое управление : пер. с англ. / И. Ансофф; науч. ред. и авт. вступ. ст. Л. И. Евенко. – М. : Экономика, 1989. – 519 с.
58. Твисс, Б. Управление научно-техническими нововведениями : сокр. пер. с англ. / Б. Твисс. – М. : Экономика, 1989. – 271 с.
59. Кондратьев, Н. Д. Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения : избр. тр. / Н. Д. Кондратьев ; Междунар. фонд Н. Д. Кондратьева [и др.]. 179 – М. : Экономика, 2002. – 767 с.
60. Глазьев, С.Ю. Теория долгосрочного технико-экономического развития / С.Ю. Глазьев. – М.: ВладДар, 1993. – С. 61– 126.
61. Глазьев, С.Ю. Стратегия опережающего развития и интеграции на основе становления шестого технологического уклада. / С.Ю. Глазьев // *Партнерство цивилизаций: науч.-практ. журнал*. – 2013. – №5. – С 195–232.
62. Львов, Д. С. Эффективное управление техническим развитием / Д. С. Львов. – М. : Экономика, 1990. – 255 с.
63. Быков А. А., Технологические уклады и пространственная составляющая экономического развития / А. А. Быков // *Белорусский экономический журнал*: 2014. – №1(6). – С.114–126.
64. Байнев, В. Ф. Четвертая промышленная революция как технико-технологический и политико-экономический феномен / В.Ф. Байнев, Ч. Бинь // *Новая экономика*. – 2017. – № 1. – С. 4–10.
65. Байнев, В. Ф. Четвертая промышленная революция как глобальный инновационный проект / В. Ф. Байнев // *Наука и инновации: научно-практический журнал*. – 2017. – № 3. – С. 38 – 41.
66. Ковалев, М. М. Цифровая экономика – шанс для Беларуси / М. М. Ковалев, Г. Г. Головенчик – Минск: Бел. гос. ун-т, 2018. – 299 с.
67. Нехорошева, Л.Н. Глобальные вызовы в контексте четвертой промышленной революции: новые требования к национальной экономике и угроза возникновения «технологической пропасти» / Л.Н. Нехорошева // *Стратегия развития экономики Беларуси: вызовы, инструменты реализации и перспективы: сб. науч. ст.: в 4 ч. / НАН РБ, ин-т экономики НАН Беларуси; редкол.: В. И. Бельский [и др.]. – Минск. – 2017. – 1. – С. 95 – 109.*
68. Нехорошева, Л.Н. Изменение инновационного ландшафта в контексте формирования Индустрии 4.0: новые угрозы и первоочередные задачи / Л.Н. Нехорошева // *Цифровая трансформация экономики и промышленности: проблемы и перспективы: монография / под ред. д-ра экон. наук, проф. А.В. Бабкина. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. – С. 29 – 50.*
69. Сорвилов Б.В. Информационная экономика: учебное пособие / Б.В. Сорвилов, А.М. Баранов. – М. : Интеграция, 2014г. – 308 с.
70. Краткий глоссарий статистических терминов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by/metodologiya/kratkiy-glossariy-statisticheskikh-terminov/17/>. – Дата доступа: 23.05.2019.
71. Анализ мирового опыта развития промышленности и подходов к цифровой трансформации промышленности государств – членов Евразийского экономического союза, Евразийская экономическая комиссия Департамент промышленной политики. Информационно-аналитический отчет [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.eurasiancommission.org/ru/act/prom_i_agroprom/dep_prom/SiteAssets/%2013.02.2017.pdf. – Дата доступа: 10.09.2018.
72. Всемирное исследование Digital IQ 2017: десятое, юбилейное издание [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.pwc.ru/publications/global-digital-iq-survey-rus.pdf>. – Дата доступа: 05.06.2019.
73. Цифровая трансформация промышленности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf. – Дата доступа: 09.10.2018.
74. Глобальное исследование цифровых операций в 2018 г. «Цифровые чемпионы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.pwc.ru/iot/digital-champions.pdf>. – Дата доступа: 07.06.2019.

75. «Индустрия 4.0»: создание цифрового предприятия [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.pwc.ru/ru/technology/assets/global_industry-2016_rus.pdf/. – Дата доступа: 07.06.2019.
76. Доклад о мировом развитии 2016. Цифровые дивиденды. Всемирный банк [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/23347/210671RuSum.pdf?sequence=16>. Дата доступа: 07.06.2019.
77. DigComp 2.1 The Digital Competence Framework for Citizens [Электронный ресурс]. – Режим доступа [http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC106281/web-digcomp2.1pdf_\(online\).pdf](http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC106281/web-digcomp2.1pdf_(online).pdf). – Дата доступа: 18.06.2019.
78. Global Digital Operations 2018 Survey [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.strategyand.pwc.com/industry4-0>. – Дата доступа: 07.06.2019.
79. Загидуллин, Р. Р. Управление машиностроительным производством с помощью систем MES, APS, ERP/Р.Р. Загидуллин. – Старый Оскол: ТНТ, 2011. – 372 с.
80. Садовский Г. Л. Анализ современных тенденций цифровой трансформации промышленности/ Г. Л. Садовский // Молодой ученый: научн. - практ. журнал. — 2017. — №14. — С. 427-430.
81. Куприяновский В.П. Трансформация промышленности в цифровой экономике – проектирование и производство/ В.П. Куприяновский [и др.]//International Journal Of Open Information Technologies. – vol. 5,№1. – 2017. – С. 50–62.
82. Брусакова, И.А. Инжиниринг инноваций при модернизации наукоемких производств/И.А. Брусакова//Иинновации: научн. - практ журнал. – № 6. – 2016. – С. 124–127.
83. Голубев С. С. Управление промышленными технологиями// Голубев С. С. /- М.: ФГУП «ВНИИ «Центр». – 2019 – 283 с.
84. Зубрицкая, И. А. Анализ мирового опыта цифровой трансформации промышленности: институциональная модель/ И. А. Зубрицкая //Цифровая трансформация: научно-практический журнал. –2019. – №1(6). – С.21–35.
85. Зубрицкая, И. А. Концепция «Индустрия 4.0» и предпосылки ее применения в отечественной промышленности / И. А. Зубрицкая //Наука и инновации: научно-практический журнал. – 2018. – №7. – С.38–42.
86. Зубрицкая, И.А. Цифровая трансформация обрабатывающей промышленности Республики Беларусь: тенденции и перспективы развития // А.В. Данильченко, И.А. Зубрицкая, К.В. Якушенко; Белорусский национальный технический университет. Минск: Право и экономика, 2019. 246 с.
87. Зубрицкая, И. А. Методика идентификации масштаба и темпов цифровой трансформации промышленности Республики Беларусь / И. А. Зубрицкая //Новости науки и технологии: научно-практический журнал. –2018. –№3. – С.33–40.
88. Зубрицкая, И. А. Цифровая трансформация промышленных предприятий Республики Беларусь: экономическое содержание, виды и цели/ И. А. Зубрицкая //Цифровая трансформация: научно-практический журнал. –2018. – №3(4). – С.5–13.
89. Зубрицкая, И. А. Мировой опыт внедрения технико-технологических средств четвертой промышленной революции: результаты экономического анализа / И. А. Зубрицкая //Новая экономика: научно-теоретический, научно-практический, научно-методический журнал. –2019. – №1(73). – С.80–90.
90. Зубрицкая, И. А. Концептуальная модель организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь/И. А. Зубрицкая//Экономическая наука сегодня: сб. науч. ст./ Белорус. нац. техн. ун-т; редкол.: С. Ю. Солодовников [и др.]. – Минск, 2019. – В. 9. – С. 267–277.
91. Глоссарий ЕЭК [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.eurasiancommission.org/ru/act/dmi/workgroup/Pages/glossary.aspx>. – Дата доступа: 09.10.2019.
92. Романова, Е. С. Реструктуризация РУП «Белпочта»: предпосылки и направления реализации / Е. С. Романова // Современные средства связи : материалы XIII Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 7–9 окт. 2008 г. / Высш. гос. колледж связи [и др.] ; редкол.: М. А. Баркун [и др.]. – Минск, 2008. – С. 72–73.
93. Угарина Т. А. Государственное регулирование инвестиционных процессов в промышленности Республики Беларусь: сб. ст. / Т.А. Угарина// Веснік БДУ. Сер. 3. – № 1. – 2011. – С.10 – 17.
94. Шаралдаева, И. А. Теоритические основы реструктуризации : учеб. пособие / И. А. Шаралдаева. – Улан-Удэ : Вост.-Сиб. гос. технол. ун-т, 2005. – 160 с.
95. Реструктуризация // Большой экономический словарь под ред. А. Н. Азрилияна; 7-е изд. доп. – М., 2008. – С. 1021.
96. Раппопорт А. Н. Реструктуризация российской электроэнергетики: методология, практика, инвестирование/ А. Н Раппопорт. – М.: Экономика, 2005. – 213 с.

References

1. Brunner K. the Idea of man and the concept of society: two approaches to understanding society. THESIS: theory and history of economic and social institutions and systems. World of man, 2008, No. 5, pp. 27–29.
2. Denzau A., North D. Shared Mental Models: Ideologies and Institutions. Kykios, 1994, Vol. 47, No. 1., pp. 46-50.
3. Galbraith D. K. The Great crash of 1929. TRANS. Se Borich. Minsk: Medley, 2009, 255 p.
4. Galbraith D. K. The New industrial society; elected. Moscow: Eksmo, 2008, 1197 p.
5. Galbraith J. K. The Economics of innocent fraud: truth of our time. Moscow: Europe, 2009, 86 p.
6. Coase R. G. Firm, market and law: sat. M.: Foundation "Liberal mission": New publishing house, 2007, 221 p.
7. North D. Institutions and economic growth: a historical introduction. THESIS, 2011, No. 21., pp. 47-51.

8. North D. Institutions, ideology and economic efficiency . From plan to market: the future of post-Communist republics. 2009, No. 17, pp. 11-16.
9. North D. Institutions, institutional change and the functioning of the economy. M.: Fund of the economic book "Beginning", 2007, 218 p.
10. North D. Institutional change: framework analysis. Economic Issues, 2010, No. 3, pp. 37–41.
11. North D. Understanding the process of economic change. M.: Ed. house of State University-Higher school of Economics, 2010, 198 p.
12. Williamson O. Economic institutions of capitalism. Firms, markets, relationships, Contracting. SPb.: Lenizdat, 1996, 149 p.
13. Eggertsson T. Economic behavior and institutions. M.: Business, 2010, 193 p.
14. Oleynik A. N. Institutional Economics . Moscow: INFRA-M, 2010, 176 p.
15. Sukharev O. S. Institutional Economics: theory and policy. ROS. Acad. Sciences, Institute of Economics, ETSR / redkol.: L. I. Abalkin [et al.]. M.: Science, 2008, 862 p.
16. Daineko A. E. the System of economic institutions of the Republic of Belarus / A. E. Daineko [et al.]. Minsk :Belaruskaya, 2015, 277 p.
17. Lemeshchenko P. S. Institutional Economics: theory, policy, practice: textbook. Minsk: Misana, 2015. 699 p.
18. Luchenok A. I. Institutions rule the economy. NAT. Acad. Sciences of Belarus, Institute of Economics, Minsk: Belarussian Nauka, 2018, 279 p.
19. Baranov A. M. development of institutional and legal regulation of the creation of information clusters in Belarus: the experience of the EU and the EAEU /A. M. Baranov, E. A. Zapadnyuk//proceedings of the Gomel state University named after F. Skarina: scientific. scient. log. – 2016. – No. 5. – C. 95-100.
20. Allen, R. global economic history: Krat. intr. / R. Allen ; lane. from English. Yu Capturesthe. – M. : Izd-vo In-TA gaidara, 2013. – 221 p.
21. Allen R. the British industrial revolution in global picture of the world / R. Allen ; lane. from English. N. V. Avtonomova ; under the editorship of V. S. Avtonomova. M. : Izd-vo In-TA gaidara, 2014, 441 p.
22. Blanks J. A. History of political economy in Europe from the earliest to the present time : in 2 vols /Z. A. Forms ; transl. from the 4th FR. ed. P. A. Bibikov. Ed. 2-E.-M.: URSS: Librocom, 2012, Vol. 2: from the XVIII to the first third of the XIX century, 428 p.
23. Braudel F. Material civilization, economy and capitalism XV–XVIII centuries : TRANS.with FR. : in 3 t / F. Braudel; Intro. article and the editorship of Yu. N. Afanasyeva, M.: the Whole world, 2006-2007, Vol. 3: time of peace, 2007, 731 p.
24. Wallerstein, I. world-systems Analysis and the situation in the modern world : a collection ; translated from English. P. M. Kudyukin; ed. – SPb. : Univ. kN., 2001, 414 p.
25. Mantoux, P. the Industrial revolution of the eighteenth century in England / by P. Mantoux ; translated from the French. M. E. Landau. - M.; L.: State publishing house, 1925, XIV, [2], 359 p.
26. Marx, K. Capital: a critique of political economy: in 3 vols. / K. Marx; Preface. F. Engels. - Moscow: Politizdat, 1973-1978. – 3 vol.
27. Marx K. Engels F. Machines. Application of natural forces and science (steam, electricity, mechanical and chemical factors) Works : in 50 T. Ed. 2-E.-M., 1973, T. 47, pp. 351-583.
28. Marx, K. F. Engels. Manifesto of the Communist party / K. Marx, - M.: Politizdat, 1989, 62 p.
29. Toynbee, A. Industrial revolution in England in the eighteenth century: TRANS. / Arnold Toynbee ; Foreword. A. I. Chuprov. Ed. erased. – M. : URSS : Librokom, 2015. – XIX, 329 p.
30. Hobsbaum, E. J. The age of capital, 1848-1875 / E. J. Hobsbawm, translated from English. So Goryainova, V. Bilonozhko. - Rostov n / A: Phoenix, 1999. – 476 p.
31. Hicks, D. Theory of economic history: TRANS. / D. Hicks ; under the General editorship of and with an introd. V. R. M. Nureyev. - M.: Journal. "Vopr. Economics", 2005. – 223 p.
32. Engels, F. the Situation of the working class in England / F. Engels. – SPb. : Hammer, 1905. – 240 p.
33. Schwab, K. M. the Fourth industrial revolution / K. M. Schwab. - Moscow: Publishing House, 2016. – 317 p.
34. Lenin, V. I. Complete works: in 55 vol. / V. I. Lenin. - 5th ed. - Moscow: Politizdat, 1975-1983, Vol. 3, 1975, 791 p.
35. Lenin, V. I. Development of capitalism in Russia. 55 vol, 5 ed. M., 1975, T. 2, 591 p.
36. Huseynov R. M. Semenikhina V. A. Economic history. History of economic doctrines: textbook - 3rd ed., erased. - Moscow: Omega-L, 2009, 383 p
37. Konotopov, M. V. History of the Russian economy: textbook / M. V. Konotopov, S. I. Smetanin. - 8th ed., erased. - Moscow: KnoRus, 2015, 351 p.
38. Pogrebinskaya, V. A. Socio – economic modernization of Russia and the world during the second industrial revolution (the last third of the XIX-early XX century) : studies. a manual. Moscow: Infra-M, 2012, 223 p.
39. Bendikov M. A., Frolov I. E. high-Tech industry sector of Russia = Russian high-technology industry: state, trends, mechanisms of innovative development. M. A. Bendikov, . - M.: Science, 2007, 583 p.
40. Bogdan N. I. Innovative dynamics: global trends and prospects of Belarus . Minsk: Encyclopedia, 2012, 195 p.
41. Bogdan N. I. high technology Sector: methodological foundations of formation and development objectives. State regulation of the economy and improving the efficiency of economic entities: the sixth international. scientific.scient. Conf., Minsk, 22-23 APR. 2010 : scientific collection. art.: 2 hours / Acad. UPR. the President of the Republic. Belarus; ed.: S. A. Pelikh (pred.) [et al.]. - Minsk, 2010. - Part 1. – P. 336-341.

42. Varshavsky A. E. knowledge-Intensive industries and high technologies: definition, indicators, technical policy, share in the structure of the Russian economy / A. E. Varshavsky // Econ. science lies. Russia, 2000, No. 2, pp. 61-83.
43. Kuzyk B. N. Russia-2050: strategy of innovative breakthrough /B. N. Kuzyk, Yu. V. Yakovets. - M.: Publishing house "Economy". 2004, 632 p.
44. Makarova I. A. Formation of innovation management mechanism at enterprises of high-tech sectors of the economy: abstract. dis. Cand. Ekon. Sciences: 08.00.05 / I. A. Makarova; St. Petersburg. state Univ informats. technologies, mechanics and optics. - St. Petersburg, 2011. – 15 p.
45. Yakovets Yu. V. the Acceleration of scientific and technical progress: theory and economic mechanism / Yu. V. Yakovets. - Moscow: Economics, 1988. – 333 p.
46. Abramovitz M. Resource and output trends in the United States since 1870. American Economic Review. 1956, Vol. 46, pp. 5-23.
47. Greenwood, J. Accounting for Growth / J. Greenwood, B. Jovanovic // Rochester Center for Economic Research Working paper. UniversityofRochester. 2000, pp. 179-224.
48. Gollin D. Getting income shares right. Journal of Political Economy. No. 110, 2002, pp. 458-474.
49. Jorgenson D. W. Griliches Z. The explanation of productivity change. Review of Economic Studies, 1967, Vol. 34, pp. 249-283.
50. Jorgenson D. W., Gollop F. M., Fraumeni B. M. Productivity and U. S. Economic Growth. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1987.
51. Kuznets S. S. Economic Growth of Nations. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1971.
52. Kuznets, S. Modern economic growth: results of research and reflection: Nobel lecture. Nobel laureates in Economics: a view from Russia:towards the international. Symp. "Nobel laureates in Economics and ROS. SHK.", St. Petersburg, 16-18 Sept. 2003 / ed. Yu. V. Yakovets. SPb., 2003.
53. Romer P. Endogenous technological change. Journal of Political Economy. No. 98 (5, Part 2), 1990, pp. 71-102.
54. Slade M. E. Modeling stochastic and cyclical components of technical change: An application of the Kalman filter. Journal of Econometrics, No. 3, 1989, pp. 363-383.
55. Solow R. M. Technical Change and the Aggregate Production Function. The Review of Economics and Statistics.1957, Vol. 39, No. 3, P. 312-320.
56. Lucas R. E. Lectures on economic growth. TRANS. D. Shestakov. M: Gaidar Institute Publishing House, 2013, 281 p.
57. Now, Ansoff, I. Strategic management : per.from English. / I. Ansoff; scientific. ed. and ed. introd. V. L. I. Evenko. Moscow: Economics, 1989, 519 p.
58. Twiss, B. Management of scientific and technological innovation: socr. per.from English. / B. Twiss. - Moscow: Economics, 1989. – 271 p.
59. Kondratev, N. D. Large cycles of conjuncture and the theory of foresight: elected. Tr. / Intern. Kondratiev Foundation [et al.]. 179-M.: Economics, 2002, 767 p
60. Glazyev, C. Yu. Theory of long-term technical and economic development. Moscow: Vldar, 1993. pp. 61– 126.
61. Glazyev, C. Yu. Strategy of advanced development and integration on the basis of formation of the sixth technological way. Partnership of civilizations: sci.scient. log. 2013, No. 5, pp. 195-232.
62. Lviv, D. S. Effective management of technical development, Moscow: Economics, 1990, 255 p.
63. Bykov A. A., Technological structures and spatial component of economic development. Belarusian economic journal: 2014, No. 1(6), pp. 114-126.
64. Baynev V. F. The Fourth industrial revolution as a technological and political-economic phenomenon. New economy. 2017, No. 1, pp. 4-10.
65. Baynev V. F., the Fourth industrial revolution as a global innovation project / V. F. Baynev // Science and innovation: scientific and practical journal. 2017, No. 3, pp. 38 – 41.
66. Kovalev, M. M. Golovenchuk G. G. Digital economy-a chance for Belarus . Minsk: Bel. state University, 2018, 299 p.
67. Nekhorosheva, L. N. Global challenges in the context of the fourth industrial revolution: new demands on national economies and the threat of a "technological divide".Strategy of development economy of Belarus: challenges, enablers and prospects: collection of scientific works. article: 4 h/ RB Academy of Sciences in.National Academy of Sciences of Belarus; ed.: V. I. Belsky [et al.]. Minsk, 2017, 1, pp. 95 – 109.
68. Nekhorosheva, L. N. Change the innovation landscape in the context of Industry 4.0: new threats and priorities/L. N. Nekhoroshev//Digital transformation of the economy and industry: problems and prospects: monograph/under the editorship of Dr. Econ.Sciences, prof. – SPb.: Polytechnic publishing house. UN-TA, 2017, pp. 29 – 50.
69. Sorvirov B. V. Information Economics: textbook / B. V. Sorvirov, a. m. Baranov. M.: Integration, 2014, 308 p.
70. Brief Glossary of statistical terms. Available at: <http://www.belstat.gov.by/metodologiya/kratkij-glossariy-statisticheskikh-terminov/17/> (accessed: 23.05.2019).
71. Analysis of the world experience of industry development and approaches to digital transformation of the industry of the member States of the Eurasian economic Union, Eurasian economic Commission industrial policy Department. Information and analytical report [Electronic resource]. Available at: http://www.eurasiancommission.org/ru/act/prom_i_agroprom/dep_prom/SiteAssets/%2013.02.2017.pdf. (accessed: 10.09.2018).

72. World Digital IQ study 2017: tenth anniversary edition. Available at: <https://www.pwc.ru/ru/publications/global-digital-iq-survey-rus.pdf>. accessed: 05.06.2019).
73. Digital transformation of industry. Available at: https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf. (accessed: 09.10.2018).
74. Global study of digital operations in 2018 "Digital Champions". Available at: <https://www.pwc.ru/ru/iot/digital-champions.pdf>. (accessed:07.06.2019).
75. "Industry 4.0": the creation of the digital enterprise. Available at: https://www.pwc.ru/ru/technology/assets/global_industry-2016_rus.pdf (accessed: 07.06.2019).
76. World development report 2016. Digital dividend. World Bank. Available at: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/23347/210671RuSum.pdf?sequence=16>. (accessed: 07.06.2019).
77. 2.1 The DigComp Digital Competence Framework for Citizens [Electronic resource]. Available at: [http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC106281/web-digcomp2.1pdf_\(online\).pdf](http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC106281/web-digcomp2.1pdf_(online).pdf). (accessed: 18.06.2019).
78. Global Digital Operations 2018 Survey [Electronic resource]. Available at: <https://www.strategyand.pwc.com/industry4-0>. (accessed: 07.06.2019).
79. Zagidullin, G. G. Management of engineering production with MES, APS, ERP, G. G., Zagidullin. - Sary Oskol: TNT, 2011, 372 p.
80. Sadowski, G. L. Analysis of current trends in digital transformation industry/ tsp Sadowski // Young scientist: scientific. scient. log. 2017, No. 14, pp. 427-430.
81. Chuprynousky V. P. Transformation of the industry in the digital economy-design and manufacturing/ V. P. Chuprynousky [et al.]/International Journal Of Open Information Technologies. vol. 5, No1., 2017, pp. 50-62.
82. Rusakova, I. A. Engineering innovation in the modernization of high-tech industries/I. A. Rusakova of Innovatsii: scientific. - practice magazine. No. 6., 2016. pp. 124-127.
83. Golubev S. C. Office of industrial technologies. M.: Federal state unitary enterprise "research Institute "Centre". 2019, 283 C.
84. Zubritskaya, I. A. Analysis of the world experience of digital transformation of industry: institutional model. Digital transformation: scientific and practical journal. 2019, No. 1(6), C. 21–35.
85. Zubritskaya I. A. the Concept of "industry 4.0" and the prerequisites for its application in the domestic industry Science and innovation: scientific and practical journal. 2018, No. 7, pp. 38–42.
86. Zubritskaya I. A. Digital transformation of the manufacturing industry of the Republic of Belarus: trends and prospects of development // A. V. Danilchenko, I. A. Zubritskaya, K. V. Yakushenko; Belarusian national technical University. Minsk: Law and Economics, 2019. 246 p.
87. Zubritskaya, I. A. Methods of identifying the scale and pace of digital transformation of the industry of the Republic of Belarus / I. A. Zubritskaya //news of science and technology: scientific and practical journal. 2018, No. 3, pp. 33–40.
88. Zubritskaya, I. A. Digital transformation of industrial enterprises of the Republic of Belarus: economic content, types and purposes/ I. A. Zubritskaya //Digital transformation: scientific and practical journal. 2018, №3(4), pp. 5–13.
89. Zubritskaya I. A. World experience of implementation of technical and technological means of the fourth industrial revolution: results of economic analysis / I. A. Zubritskaya / / New economy: scientific-theoretical, scientific-practical, scientific-methodical journal. 2019, No. 1(73), pp. 80–90.
90. Zubritskaya I. A. Conceptual model of organizational and economic mechanism of digital transformation of the manufacturing industry of the Republic of Belarus. Economic science today: SB nauch. article/ Belarusian. NAT. tech. Univ; redkol.: S. Y. Solodovnikov [et al.]. Minsk, 2019, V. 9., pp. 267-277.
91. ECE Glossary [Electronic resource]. – Available at: <http://www.eurasiancommission.org/ru/act/dmi/workgroup/Pages/glossary.aspx>. (accessed: 09.10.2019).
92. Romanova E. S. Restructuring "Belpochta": background and directions for its implementation / E. S. Romanova // Modern means of communication : proceedings of the XIII Intern. scientific.-tekhn. Conf., Minsk, 7-9 Oct. 2008 / Top. state College of communications [et al.]; ed.: M. A. Barkun [et al.]. - Minsk, 2008. pp. 72-73.
93. Parina T. A. State regulation of investment processes in industry of the Republic of Belarus: collection of articles Vestnik BSU. Ser. 3. No. 1., 2011, pp. 10 – 17.
94. Sharaldaeva I. A. Theoretical bases of restructuring: studies. the manual. Ulan-Ude: Vost.-Nib. GOS. tekhnol. UNT, 2005, 160 p.
95. Restructuring // Big dictionary of Economics, ed. Apriliana; 7th ed. DOP. M., 2008, 1021 p.
96. Rappoport A. N. Restructuring of the Russian electric power industry: methodology, practice, investment/ A. N. Rappoport. Moscow: Economics, 2005, 213 p.

Received: 21.06.2019

Поступила: 21.06.2019