

DOI: <https://doi.org/10.23649/jae.2022.28.8.010>

Dibirov A.A.^{1*}, Dibirova K.A.²

^{1,2}Institute of Agricultural Economics and Rural Development, Saint Petersburg, Russia

* Corresponding author (dibirova.h[at]spcras.ru)

Received: 30.11.2022; Accepted: 05.12.2022; Published: 19.12.2022

THE APPROACHES TO MODELLING THE DIGITAL TWIN OF AGROFORMING

Research article

Abstract

The article is dedicated to the process of modelling the digital twin of the food supply chain. The necessity of creating a digital twin is substantiated. The main factors contributing to the digitalization of the food supply chain are outlined. The main stages of the process of forming a digital model of agrobusiness are established. The advantages of the digital food supply chain management model are presented. The characteristic of the changes in the supply chain as a result of digitalization in the main functional areas of activity is given. Food supply chains are moving to network forms of interaction, to the creation of standardized platforms. This allows to master the economy of scale and reduce inventory reserves, ensure transparency, traceability of products at all levels of production.

Keywords: digitalization, transformation, digital twin, food chain, supply chain, optimization.

Дибиров А.А.^{1*}, Дибирова Х.А.²

^{1,2}Институт аграрной экономики и развития сельских территорий, Санкт-Петербург, Россия

* Копреспондирующий автор (dibirova.h[at]spcras.ru)

Получена: 30.11.2022; Доработана: 05.12.2022; Опубликовано: 19.12.2022

ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА АГРОФОРМИРОВАНИЯ

Научная статья

Аннотация

Статья посвящена процессу моделирования цифрового двойника продуктовой цепи поставок. Обоснована необходимость создания цифрового двойника. Обобщены основные факторы, способствующие цифровизации продуктовой цепи поставок. Установлены основные этапы процесса формирования цифровой модели агробизнеса. Показаны преимущества цифровой модели управления цепью поставок продовольствием. Дана характеристика изменений происходящих по цепи поставок в результате цифровизации по основным функциональным сферам деятельности. Цепи поставок продовольствия переходят к сетевым формам взаимодействия, созданию стандартизированных платформ. Это позволяет освоить эффект масштаба и сократить товарно-материальные запасы, обеспечить прозрачность, отслеживаемость продукции на всех звеньях производства.

Ключевые слова: цифровизация, трансформация, цифровой двойник, продовольственная цепь, цепь поставок, оптимизация.

1. Введение

В современных условиях основными факторами обеспечения конкурентоспособности и прибыльности деятельности, в особенности крупнотоварного агробизнеса, является оптимизация управления всей цепью создания добавленной стоимости, ее межорганизационных звеньев и мест стыковки различных этапов этой цепи на основе цифровизации хозяйственных связей. В последние годы концепция управления цепями поставок в продовольственной сфере получила широкое распространение как один из инструментов повышения устойчивости и конкурентоспособности производства продукта. Управление цепями поставок в продовольственной сфере в последние годы является одной из самых динамично развивающихся концепций с учётом специфики продовольствия, необходимости строгого обеспечения качества продукции в каждом переделе.

Аналоговые методы сбора, учета, хранения и анализа информации в агропродовольственной сфере заканчиваются. Отрасль в последние десятилетия ускоренными темпами трансформируется в цифровую модель

ведения хозяйственной деятельности. Благодаря успешной практике внедрения цифровых технологий в крупных агрохолдингах федерального уровня, контролирующих всю цепочку поставок продукции от фермы до потребителя и имеющих собственные подразделения в СЗФО РФ (Мираторг, Эко-Нива), им удалось за последние десять лет значительно повысить производительность труда и эффективность хозяйственной деятельности, достичь мирового уровня конкурентоспособности продукции.

2. Материалы и методы

В ходе исследования применен эволюционный подход институциональной теории для анализа развития и совершенствования цепей продовольствия в условиях цифровой трансформации. Методологической основой выступает совокупность научных межотраслевых подходов, включающих системный подход, систематизацию и обобщение, сравнение данных, структурно-системный анализ, используемый в различных сочетаниях для решения поставленных задач, обеспечения выполнения сформулированных выводов и рекомендаций.

3. Результаты и обсуждение

Массовая цифровая трансформация привела к появлению обилия практической литературы по опыту проведения таких изменений. Однако теоретическое осмысление этого процесса отстает от практики. Отсутствие теории цифровой трансформации, теоретического анализа ее природы породило ряд научно-теоретических и практических проблем, которые до настоящего времени не устранены [1].

В условиях СЗФО, как и в целом по стране, получили распространение следующие три типа цепи поставок продовольствия: длинные – сложные, многоуровневые, короткие – трёхуровневые (локальные – местного уровня и региональные – функционирующие в пределах одного региона и нескольких субъектов РФ), ультракороткие – прямые – низкотоварные (для самообеспечения членов семьи собственной натуральной органической продукцией и продажи излишков продукции (ЛПХ, садоводство, огородничество) [2]. С начала пандемии на продовольственные системы влияют взаимодополняющие и взаимоусиливающиеся негативные тенденции. Это, в частности, сбои в цепочках поставок продовольствия, потеря доходов и средств к существованию, усиление социального неравенства, сбои в функционировании программ социальной защиты, изменение продовольственной среды, а также повышение и усиление разницы цен на продовольствие [3]. Необходимость развития интеграционных и кооперационных хозяйственных связей на основе цифровой трансформации обусловлена повышением конкуренции на продовольственном рынке, что приводит к большой зависимости конечных результатов деятельности субъектов рынка от эффективности функционирования всех промежуточных звеньев технологической цепи, а также от налаженной прозрачной системы внутренних и межотраслевых хозяйственных связей.

Из зарубежной практики, наибольшее распространение в цифровизации процесса интеграции и управления в интегрированных формированиях (ИФ) получило использование следующих технологий:

1. Управление цепочками поставок (пер. с англ. Supply Chain Management, SCM). Данная технология используется в более 50% компаний, она позволяет оптимизировать и практически полностью контролировать технологический цикл закупок сырья, производства материальных благ и их дальнейшую реализацию и формировать цифровую модель компании.

2. На 2 и 3-ем местах с примерно одинаковым распространением (около 25%) находятся технологии решения задач планирования ресурсов предприятия (пер. с англ. Enterprise Resource Planning, ERP) и системы эффективного управления взаимоотношениями с клиентами (пер. с англ. Customer Relationship Management, CRM).

3. На последнем месте находится применение системы радиочастотной идентификации (пер. с англ. Radio Frequency Identification, RFID), применяемой в 5% компаний [4].

Цифровой двойник агроформирования как хозяйствующего субъекта – это математическая модель, максимально точно описывающая реальные причинно-следственные зависимости между производственными, экономическими, финансовыми и организационными показателями агрофирмы [5]. Схема формирования цифровой модели продуктового агроформирования представлена на рисунке 1.

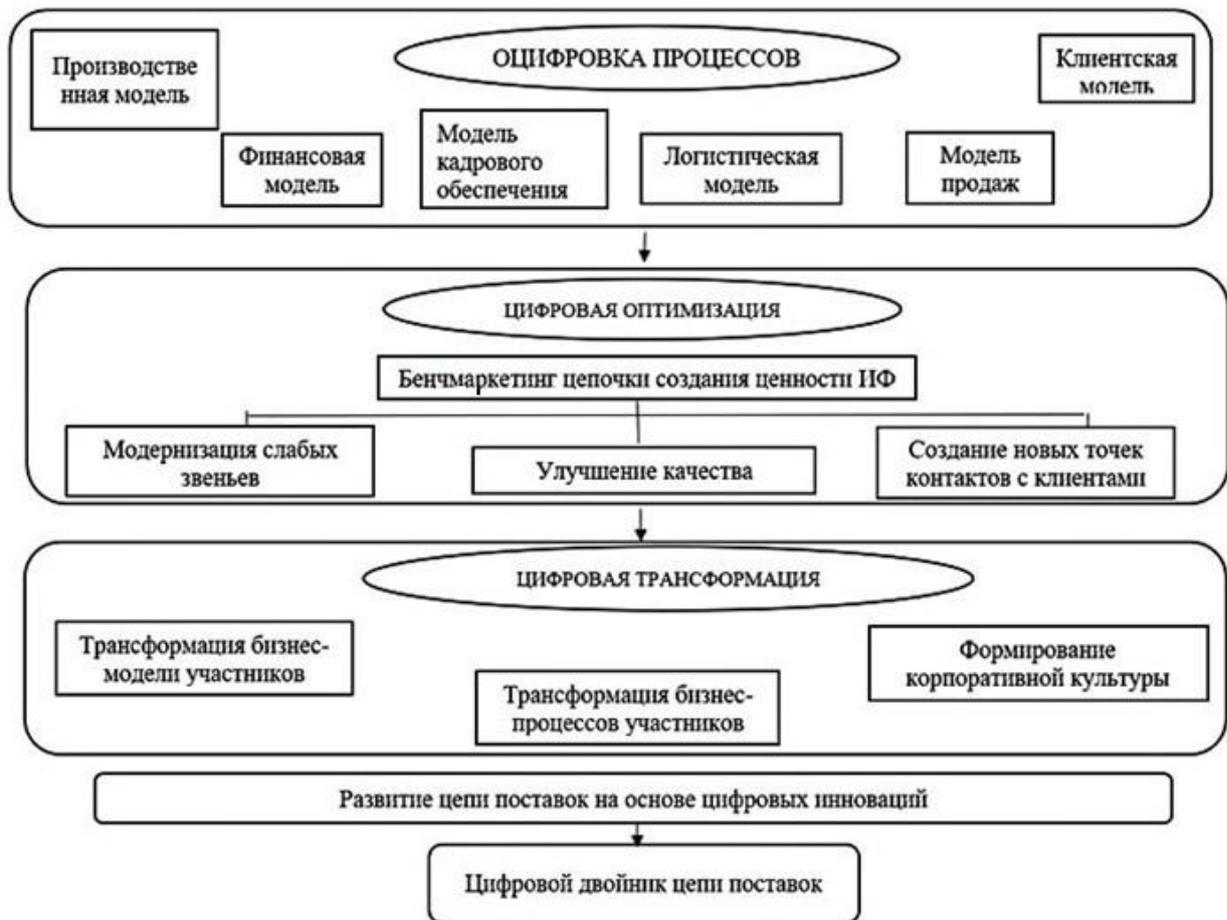


Рис. 1 – Схема формирования цифровой модели цепи поставок продукции в АПК

Примечание: составлено по данным источника: [6]

Цифровой двойник может быть создан для каждого трактора, сельскохозяйственной культуры, подразделения, производственного участка, сельскохозяйственного, перерабатывающего предприятия, и в целом для всей цепи поставок конкретной продукции. Цифровой двойник является программным аналогом физического устройства, моделирующим внутренние процессы, характеристики и поведение реального объекта в условиях воздействий помех и окружающей среды. Цифровая модель ИФ базируется на основе данных его участников и функциональных служб и служит для поддержки и принятия оптимальных управленческих решений на стадиях планирования, координации, мониторинга и анализа как ИФ в целом, так и отдельных его участников, и функциональных вспомогательных служб.

Для создания цифрового двойника осуществляется оцифровка технологии производства каждого звена цепи поставок ИФ. Производится моделирование и оцифровка производственной деятельности «как есть», данная модель служит базой для улучшения параметров деятельности с учетом требований рынка и следующего звена переработки продукции «как должно быть». В результате выявляется разрыв между «как есть» и «как должно быть», устанавливается объем необходимых инвестиционных ресурсов и окупаемость мероприятий по модернизации производственного процесса, которая отражается в финансовой модели.

Основой финансовой модели служит моделирование отчетов движения денежных средств и бюджета доходов и расходов участников цепи поставок. Для непрерывного отслеживания финансовых показателей внедряются специализированные программы. Внедрение оцифрованной системы бюджетирования позволяет создать динамическую финансовую модель организации по всем центрам ответственности, произвести взаимосвязку всех функциональных центров ответственности (логистика, продажи), отслеживать в режиме реального времени ежедневные, еженедельные доходы и расходы центров ответственности и их отклонения от целевых плановых показателей, оперативно выявлять и устранять причины отклонения; формировать актуальный бюджет расходов и доходов на текущий период -как правило, месяц.

Следует согласиться с мнением А. Герасимова, который считает, что отличительная черта и собственно цель построения цифровой экономики – стремление к эффективности, т. е. к оптимизации. Для перехода к оптимизации как цели развития экономики требуется введение новых бизнес-моделей, базирующихся на концепции продуктов сервисных киберфизических систем [7].

Цифровая оптимизация цепи поставок будет представлять собой реструктуризацию производственно-хозяйственной деятельности участников от модели «как есть» и переход к модели «как должно быть». Прежде всего, необходимо начать с устранения слабых звеньев в цепи поставок. Для этого необходимо произвести бенчмаркетинг аналогичных и лучших в регионе цепей поставок продукции. Разработать инвестиционный проект модернизации цепи поставок с учетом наилучших достижений, нацеленный на производство конкурентоспособной продукции на региональном рынке с учетом тенденций развития на долгосрочную стратегию.

В результате цифровая трансформация цепи поставок последовательно повлечет за собой модернизацию и

реструктуризацию, переосмысление бизнес-модели сельскохозяйственных организаций, переработки продукции, системы логистики, торговли, создание новой корпоративной культуры и развитие ИФ за счет внедрения и применения цифровых инноваций (таблица 1).

Цифровая модель цепи поставок позволяет оптимизировать издержки продукции, улучшить качества продукции на всех звеньях продовольственной цепи, обеспечить прозрачность и полнее удовлетворить запросы потребителей [6].

Используя предписывающие модели, работающие с реальными данными, цифровой двойник цепочки поставок расширяет возможности, поскольку входные данные вводятся в модель в режиме реального времени.

Таблица 1 – Преобразования в цепочке поставок продукции АПК в результате цифровизации

Виды деятельности	Краткая характеристика изменений
Планирование и учет производства продукции	<p>Комплексная автоматизация системы управления в цепи поставок.</p> <p>Оцифровка производственных объектов позволяет точно планировать производственную деятельность каждого объекта, получать информацию его использования в режиме реального времени, что повышает оперативность управления.</p> <p>Цифровые интерфейсы для управления разных уровней.</p> <p>Возможность постоянного контроля и учета выполнения технологии и качества выпускаемой продукции.</p> <p>Производственная деятельность обеспечивается программами, которые следят 24 часа за здоровьем животных и работой техники и оборудования, за выполнением технологии и предупреждает обслуживающий персонал о состоянии и сбоях.</p>
Производство и переработка	<p>В продовольственной системе имеется возможность контролировать всю цепь производства от поля до потребителя, обеспечивать параметры холодной цепи хранения и доставки продукции.</p> <p>Производство «умное поле», «умная ферма» – это расширенные возможности управления и контроля основных производственно-финансовых параметров деятельности сельскохозяйственной организации.</p> <p>Объединенные в производственные системы животные, робототехника, оборудование по уходу, кормлению, содержанию поголовья на ферме изменяют работу автоматизированной фермы, способствуют оптимизации производства, сокращению ручного низкоквалифицированного труда.</p> <p>Точное земледелие базируется на топографическом картировании и почвенных данных, получаемых из датчиков в реальном времени, которые измеряют все, от уровня хлорофилла до состояния воды в растениях, а также улучшении точности идентификации участков растений с фитопатологиями по анализу спутниковых изображений с мультиспектральной камеры до 99 процентов [8].</p> <p>Впервые в сельском хозяйстве (базовой отрасли продовольственной системы), благодаря цифровизации, удастся применять интеллектуальные системы переменного расхода ресурсов, наладить объективный контроль за их расходом и снизить негативное влияние на окружающую среду, особенно в растениеводстве за счет применения агродронов и создания авторизованной системы беспилотных летательных аппаратов для автоматического внесения пестицидов, активно разрабатываемых в Европе [9].</p> <p>Короткий жизненный срок большинства продовольственной продукции требует точности учета объема, спроса продукции на локальном и региональном рынках за счет сбора данных от клиентов, чтобы минимизировать потери от просроченной продукции.</p> <p>Производственно-хозяйственная деятельность по всей цепи создания ценности контролируется техническими средствами методом объективного контроля параметров деятельности, что снижает субъективное влияние человеческого фактора и оппортунистическое поведение наемных работников.</p> <p>«Умные» устройства, датчики, сканеры, сенсоры требуют сервисной поддержки и облачных программ. Увеличивается киберзависимость хозяйственной деятельности, риски сбоя программных продуктов, что требует наличия резервной системы программного обеспечения подачи электропитания.</p>
Логистика	<p>С появлением программных продуктов по отслеживанию транспорта вышли на новый уровень контроля движения товара в пути. За перемещением продукции можно следить постоянно, получать информацию о местонахождении, о температуре хранения продукции.</p> <p>Распределительные продовольственные центры формируют заказы дистанционно и доставляют их клиентам точно в срок.</p>
Сбыт продукции	<p>В цепи поставок продовольствия участников есть возможность следить за работой предыдущего и последующего звена. Отношения с потребителями смещаются к удовлетворению их потребности путем постоянного совершенствования качества продукции.</p> <p>Благодаря данным, предоставляемым электронными устройствами в торговле, можно хорошо представить потребителей. В зависимости от этого более точно сегментировать потребителей – по районам, конкретной территории города, другим значимым признакам.</p> <p>Поскольку производители по цепи поставок и потребители связаны друг с другом через продукт, появляется необходимость для их постоянного диалога. Взаимодействие по цепи поставок с потребителем переводится в русло постоянных связей. Целью сбыта становится долгосрочное признание у потребителя</p>

Окончание таблицы 1 – Преобразования в цепочке поставок продукции АПК в результате цифровизации

Виды деятельности	Краткая характеристика изменений
Безопасность	<p>Техника, оборудование и производственные объекты управляются дистанционно, поэтому увеличиваются риски несанкционированного доступа к ним.</p> <p>В цепи поставок продовольствия очень важно соблюдение параметров качества продукции. Сбой работы и калибровки датчиков могут привести к нарушению технологии производства, потере качества продукции.</p> <p>Участникам цепи поставок важно, чтобы технологические процессы и их данные производственно-хозяйственной деятельности были защищены от доступа конкурентов, защита от киберугроз является важной необходимостью.</p>
Кадры	<p>Оцифрованная цепь поставок продовольствия – это автоматизированное производство, контролируемое с помощью программных продуктов, поэтому по всей цепочке создания стоимости ей нужны работники с новыми компетенциями и навыками работы, способные совершенствовать свой профессиональный уровень.</p> <p>Потребности в кадрах смещаются в производственной сфере от специалистов-производственников к инженерам-программистам, от низкоквалифицированных работников к специалистам, которые могли бы осуществлять техподдержку производственного процесса.</p> <p>Участникам ИФ нужны менеджеры-специалисты по системной интеграции, квалифицированные пользователи программными продуктами.</p> <p>Необходима новая политика найма специалистов, применение методов стажировки в лучших агрохолдингах региона, лучших университетах страны, у ведущих поставщиков технологий.</p> <p>Производство продукции по цепи поставок требует тесной координации между специалистами по всем звеньям.</p> <p>Привлекать и стимулировать специалистов предоставлением возможности удаленной дистанционной работы, предоставлением удобного рабочего графика, привлечением работников по гражданско-правовым договорам.</p>

Примечание: составлено автором по данным: [10]

4. Заключение

Интерфейс и функционал программных продуктов, применяемых во всех звеньях цепи поставок, должен обеспечивать возможность синхронизации данных по цепи поставок, чтобы цифровая модель могла получать данные от работы всех звеньев программных систем и наоборот.

Использование информационных и цифровых технологий и технических средств в управлении цепи поставок (недорогих и улучшенных сенсоров и актуаторов, микропроцессоров, широкополосной цифровой сотовой связи, облачных вычислений, методов анализа больших данных, диагностики и мониторинга функционирования основных узлов технологии производства) позволит вывести деятельность продовольственной цепи поставок на новый уровень, когда информация обо всех процессах и операциях существует в цифровом виде, а передача, обработка и анализ данных в основном автоматизированы.

В продовольственной цепи каждый участник является одновременно базовым звеном собственной цепи поставок и одним из участников другого, последующего передела продукции. В этой связи важно обеспечение прозрачности, объективного мониторинга по цепочке создания ценности и учет вклада, а также определение и усиление слабых звеньев цепи поставок. Этому способствует цифровой двойник цепи поставок.

Funding

This work was carried out as part of the state task on the budget topic. This work was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation as part of the implementation of the state task on the budget topic [FFZF-2022-001].

Финансирование

Исследование выполнено в рамках государственного задания по бюджетной теме Эта работа была поддержана Министерством науки и высшего образования РФ в рамках выполнения Государственного задания по бюджетной теме [FFZF-2022-001].

Conflict of Interest

None declared.

Конфликт интересов

Не указан.

References

1. Кочетков Е.П. Цифровая трансформация компаний как инструмент антикризисного управления: эмпирическая оценка влияния на эффективность / Е.П. Кочетков, А.А. Забавина, М.Г. Гафаров // Стратегические решения и риск-менеджмент. – 2021. – Т.12. – № 1. – С. 68–81. – DOI: 10.17747/2618-947X-2021-1-68-81

2. Дибиров А.А. Формирование продовольственных цепей поставок и их влияние на развитие сельских территорий / А. А. Дибиров // АПК: экономика, управление. – 2020. – № 10. – С. 95-108. – DOI: 10.33305/2010-95
3. Папцов А. Г. Продовольственные системы в условиях COVID-19: краткосрочные и долгосрочные эффекты / А.Г. Папцов, Т. Ю. Лашинина // АПК: экономика, управление. – 2022. – № 9. – С. 3-11. – DOI: 10.33305/229
4. Городнова Н.В. Развитие цифровой экономики: теория и практика / Н.В.Городнова // Вопросы инновационной экономики. – 2021. – Т. 11. – № 3. – С. 911-928. – DOI: 10.18334/vinec.11.3.112227
5. Цифровой двойник (Digital Twin of Organization, DTO). – URL: www.tadviser.ru (дата обращения: 01.09.2022).
6. Абрамов В.И. Теоретические и практические аспекты создания цифрового двойника компании / В.И.Абрамов, Д.С.Бобоев, Т.Д.Гильманови др. // Вопросы инновационной экономики. – 2022. – Т. 12. – № 2. – С. 967-980. – DOI: 10.18334/vinec.12.2.114890
7. Герасимов А. Цифровая трансформация предприятий и отраслей: цели, критерии, модели, опыт /А. Герасимов // CONNECT. – 2020. – № 3–4.
8. Ронжин А.Л. Системы искусственного интеллекта в решении задач цифровизации и роботизации агропромышленного комплекса / А.Л. Ронжин, А. И. Савельев // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2022-16(2). –С.22-29. – DOI: 10.22314/2073-7599-2022-16-2-22-29
9. Klauser F. Entrepreneurs of the air: Sprayer drones as mediators of volumetric agriculture / F. Klauser, D. Pauschinger // Journal of Rural Studies. – 2021. – P. 55-62. – DOI: 10.1016/j.jrurstud.2021.02.016
10. Карлинский В.Л. Цифровая трансформация промышленных предприятий. Проблемы и модели перехода / В.Л. Карлинский // Экономические исследования и разработки. – 2018. – № 8. – С. 132-145.

References in English

1. Kochetkov E.P. Cifrovaja transformacija kompanij kak instrument antikrizisnogo upravljenja: jempiricheskaia ocenka vlijaniia na jeffektivnost' [Digital transformation of companies as an anti-crisis management tool: an empirical assessment of the impact on efficiency] / E.P. Kochetkov, A.A. Zabavina, M.G. Gafarov // Strategicheskie reshenija i risk-menedzhment [Strategic decisions and risk management]. – 2021. – Vol. 12. – № 1. – P. 68–81. – DOI: 10.17747/2618-947X-2021-1-68 [in Russian]
2. Dibirov A.A. Formirovanie prodovol'stvennyh cepej postavok i ih vlijanie na razvitie sel'skih territorij [Formation of food supply chains and their impact on rural development] / A. A. Dibirov //АПК: jekonomika, upravlenie [Аgro-industrial complex: economics, management]. – 2020. – № 10. – P. 95-108. – DOI: 10.33305/2010-95 [in Russian]
3. Papcov A. G. Prodovol'stvennye sistemy v uslovijah COVID-19: kratkosrochnnye i dolgosrochnnye jeffekty [Food systems in the conditions of COVID-19: short-term and long-term effects] / A. G. Papcov, T. Ju. Lashhinina // АПК: jekonomika, upravlenie [Аgro-industrial complex: economics, management]. – 2022. – № 9. – P. 3-11. – DOI: 10.33305/229 [in Russian]
4. Gorodnova N.V. Razvitie cifrovoj jekonomiki: teorija i praktika [Development of the digital economy: theory and practice] / N.V. Gorodnova // Voprosy innovacionnoj jekonomiki [Issues of innovative economy.]. – 2021. – Vol. 11. – № 3. – P. 911-928. – DOI: 10.18334/vinec.11.3.112227 [in Russian]
5. Cifrovoj dvojniki (Digital Twin of Organization, DTO). – URL: www.tadviser.ru (accessed: 01.09.2022) [in Russian]
6. Abramov V.I. Teoreticheskie i prakticheskie aspekty sozdaniia cifrovogo dvojnika kompanii [Theoretical and practical aspects of creating a digital double of the company] / V.I. Abramov, D.S. Boboev, T.D. Gil'manov et al. // Voprosy innovacionnoj jekonomiki [Issues of innovative economy]. – 2022. – Vol. 12. – № 2. – P. 967-980. – DOI: 10.18334/vinec.12.2.114890 [in Russian]
7. Gerasimov A. Cifrovaja transformacija predpriyatij i otraslej: celi, kriterii, modeli, opyt [Digital transformation of enterprises and industries: goals, criteria, models, experience.] / A. Gerasimov // CONNECT. – 2020. – № 3–4 [in Russian]
8. Ronzhin A.L. Sistemy iskusstvennogo intellekta v reshenii zadach cifrovizacii i robotizacii agropromyshlennogo kompleksa [Artificial Intelligence Systems for Solving Problems of Agro Industrial Complex Digitalization and Robotization] / A.L. Ronzhin, A.I. Savel'ev // Sel'skohozjajstvennye mashiny i tehnologii [Agricultural Machinery and Technologies]. – 2022. – 16 (2). – P. 22-29. –DOI: 10.22314/2073-7599-2022-16-2-22-29 [in Russian]
9. Klauser F. Entrepreneurs of the air: Sprayer drones as mediators of volumetric agriculture / F. Klauser, D. Pauschinger // Journal of Rural Studies. –2021. – P. 55-62. – DOI: 10.1016/j.jrurstud.2021.02.016
10. Karlinskij V.L. Cifrovaja transformacija promyshlennyh predpriyatij. Problemy i modeli perehoda [Digital transformation of industrial enterprises. Problems and models of transition] / V.L. Karlinskij // Jekonomicheskie issledovanija i razrabotki [Economic research and development]. – 2018. – № 8. – P. 132-145 [in Russian].