УДК 004.896
DOI: http://dx.doi.org/10.21686/1818-4243-2023-3-43-

Ю.Ф. Тельнов, А.А. Брызгалов, Д.С. Королева

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

Организация производственных и бизнес-процессов в цепочках создания стоимости на основе прикладных сценариев цифровизации предприятий*

Цель исследования. *Внедрение сквозных цифровых технологий в экономическую деятельность предприятий коренным образом изменяет организацию производственных и бизнес-процессов в рамках более эффективных бизнес-моделей. В результате формируются новые прикладные сценарии, которые определяют изменяющуюся структуру производственных и бизнес-процессов и появление новых ролей участников цепочки создания стоимости. С этой точки зрения в статье ставится цель разработки и обоснования методов построения производственных и бизнес-процессов для различных типов бизнес-моделей на основе современных цифровых технологий.*

Методы исследования. *В статье рассматриваются принципы и используются методы выделения, классификации и построения производственных и бизнес-процессов для различных прикладных сценариев цифровизации производственных предприятий. В основе методов выделения и классификации производственных и бизнес-процессов положено определение этапов жизненного цикла выпуска продукции и оказания услуг, рассматриваемых в эталонной модели архитектуры индустрии 4-го поколения RAMI. Предлагаемые методы построения производственных и бизнес-процессов базируются на применении цифровых платформ, цифровых двойников (программных административных оболочек), методов сбора и обработки больших данных. Для выделенных типов производственных и бизнес-процессов предлагается подход к описанию особенностей их реализации с позиции различных прикладных сценариев цифровизации. При построении структуры производственных и бизнес-процессов используются ролевые модели взаимодействия участников цепочек создания стоимости.*

Результаты. *В данной статье представлена классификация производственных и бизнес-процессов в соответствии с эталонной моделью архитектуры индустрии 4-го поколения RAMI, в которой выделены инновационные процессы создания продукции и оказания услуг, процессы производственных цепочек и цепочек поставок, а также процессы управления активами предприятий. Проведен анализ различных прикладных сценариев цифровизации для выделенных классов производственных и бизнес-процессов, который позволил связать эти сценарии с наиболее распространенными типами бизнес-моделей цифровых предприятий. Уточнена ролевая модель взаимодействия участников цепочки создания стоимости для наиболее распространенного прикладного сценария, связанного с применением сервисов, основанных на ценности, который позволяет осуществлять накопление и обработку генерируемых цифровых данных о работе физических активов на оперативном, тактическом и стратегическом уровнях управления.*

Заключение. *Разработанные методы выделения, классификации и построения производственных и бизнес-процессов на основе сценарного подхода к применению цифровых технологий и ролевого моделирования в процессах взаимодействия участников цепочки создания стоимости направлены на повышение эффективности построения и использования бизнес-моделей цифровой трансформации предприятий.*

Ключевые слова: *Цифровое предприятие, цепочка создания стоимости, производственные и бизнес-процессы, бизнес-модель, прикладной сценарий, цифровая платформа, сервисная архитектура.*

Yury F. Telnov, Alexey A. Bryzgalov, Daria S. Koroleva

Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

Organization of Production and Business Processes in Value Chains Based on Applied Scenarios for the Digitalization of Enterprises

The purpose of the research. *The implementation of end-to-end digital technologies into the economic activities of enterprises radically changes the organization of production and business processes within the framework of more efficient business models. As a result, new application scenarios are formed that determine the changing structure of production and business processes and the emergence of new roles of participants in the value chain. From this point of view, the article aims to develop and substantiate methods for constructing production and business processes for various types of business models based on modern digital technologies.*

Research methods. *The paper discusses the principles and uses methods for identifying, classifying and constructing production and business processes for various application scenarios of digitalization of manufacturing enterprises. The methods of identification and classification of production and business processes are based on the definition of the stages of the product life cycle and the provision of services considered in the Reference Architectural Model Industrie 4.0 (RAMI). The proposed methods of constructing production and business processes are based on the use of digital platforms, digital twins (software administrative shells), methods of collecting and processing big data. For the selected types of production and business processes, an approach is proposed to describe the features of their implementation from the perspective of various application scenarios of digitalization. When constructing the structure of production and*

* Статья подготовлена при поддержке РНФ, грант «Методы и модели цифровой трансформации предприятий на основе интеллектуальных технологий», № 22-11-00282

business processes, role models of interaction of participants in value chains are used.

Results. *This paper presents the classification of production and business processes in accordance with the Reference Architectural Model Industrie 4.0 (RAMI), which highlights the innovative processes of product creation and service provision, production and supply chain processes, as well as asset management processes of enterprises. The analysis of various application scenarios for the selected classes of production and business processes was carried out, which made it possible to link these scenarios with the most common types of business models of digital enterprises. The role model of interaction of participants in the value chain has been clarified for the most common application scenario associated with the use of value-based services (VBS), which allows the accumulation and processing of generated digital data on the performance of physical assets at the operational, tactical and strategic management levels.*

Conclusion. *The developed methods of identification, classification and construction of production and business processes based on a scenario approach to the use of digital technologies and role modeling in the processes of interaction of participants in the value chain are aimed at improving the efficiency of creating and using business models of enterprises digital transformation.*

Keywords: *digital enterprise, value chain, production and business processes, business model, application scenario, digital platform, service-oriented architecture.*

Введение

Использование сквозных цифровых технологий в производственных и бизнес-процессах в рамках цепочек создания стоимости приводит к формированию цифровых предприятий [1], в которых участники совместной деятельности связываются между собой с помощью технологий промышленного интернета вещей, искусственного интеллекта и построения сервисно-ориентированных цифровых платформ. Причем цифровые платформы играют интегрирующую роль в объединении различных цифровых технологий для построения гибких конфигураций производственных и бизнес-процессов предприятий в соответствии с динамическими потребностями в выпуске продукции и оказании услуг и бизнес-моделями взаимодействия всех участников цепочки создания стоимости [2–6]. При этом достигается новый уровень организации и управления производственными и бизнес-процессами, входящими в цепочку создания стоимости, на протяжении всего жизненного цикла, которые определяются в прикладных сценариях цифровизации [7–9]. Поэтому важно сформулировать общие принципы построения производственных и бизнес-процессов создания добавленной стоимости в производственных компаниях в соответствии с основными способами применения цифровых технологий, определяющими типовые сценарии их применения в бизнес-моделях цифровых предприятий.

В соответствии с архитектурной моделью индустрии четвертого поколения RAMI [10] все производственные и бизнес-процессы так или иначе связаны с использованием различных активов, под которыми понимаются материальные и нематериальные сущности, рассматриваемые как входные объекты различных процессов преобразования (ресурсы для участия в процессах) или выходные объекты (результаты деятельности). Активы рассматриваются по иерархии предприятия от деталей и материалов до готовой продукции и услуг, от рабочих мест до производственных линий, цехов и фабрик. В качестве активов рассматриваются также необходимые информационно-программное, финансовое, организационно-правовое и пр. обеспечения. В дальнейшем в статье рассматриваются только активы, связанные с основной деятельностью предприятия по производству продукции и услуг.

В основе цифровой трансформации предприятий лежит подход к построению цифровых платформ для использования в промышленности в рамках концепции индустрии четвертого поколения, развиваемой с модификациями в названиях, в различных странах, включая Россию [1,10,11]. Создание гибкой архитектуры сетевого предприятия вызывает необходимость быстрой настройки его компонентов в соответствии с изменяющимися потребностями рынка и в настоящее время базируется на применении технологии управления цифровыми двойниками (Digital Twin) [12] и цифровыми потоками (Digital Thread) [13].

Современные производство продукции на предприятиях становится интеллектуальным за счет применения технологий искусственного интеллекта, обеспечивающих гибкость, эффективность и отказоустойчивость производственных и бизнес-процессов в удовлетворении потребностей потребителей. Генерация больших объемов данных в ходе функционирования производственных линий обеспечивает реализацию возможности самооптимизации в организации цепочек создания стоимости [14, 15].

Для обеспечения гибкости формирования архитектуры цифрового предприятия возрастает потребность в выборе эффективного прикладного сценария цифровизации в зависимости от вида производственных и бизнес-процессов и распределения ролей между участниками бизнес-процессов в соответствии с определенным типом бизнес-модели [16–18]. В этой связи целью исследования является разработка методов выделения и классификации производственных и бизнес-процессов для построения цепочек создания стоимости цифровых предприятий, формирования

эффективных прикладных сценариев цифровизации для организации производственных и бизнес-процессов.

1. Классификация производственных и бизнес-процессов цифрового предприятия

Производственные и бизнес процессы, связанные с созданием продукции и услуг в архитектурной модели RAMI [10] рассматриваются с позиции управления жизненным циклом продукта, который имеет две основные стадии: на уровне типа продукта – разработку продукции и услуг, включая создание замысла и концепции продукции, формирование требований, разработку конструкции изделия и услуги, создания опытных образцов и проведение испытаний; и на уровне конкретных реализаций продукта – управление производством внутри цифровой фабрики: производственное планирование, технологическая подготовка производства, собственно производство, контроль качества, переналадка оборудования в случае завершения производства; и управление цепочками поставок между участниками цифрового предприятия: закупка материалов и комплектующих деталей; сбыт готовой продукции и услуг, послепродажное обслуживание. В [19] выделяется также вид производственных и бизнес-процессов, связанный с обслуживанием производственных активов – производственного оборудования, производственных линий, информационно-программного обеспечения и пр., к которым относятся закупка активов, установка, мониторинг функционирования, проведение ремонтных работ, утилизация.

Особенностями интеллектуального управления жизненным циклом продукции являются:

- Использование репозитория, поддерживающего цифровые двойники активов на всех этапах жизненного цикла от зарождения концепции до снятия с производства, формирование цифрового потока по всей цепочке создания стоимости [13]. Таким образом, обеспечивается ускорение вывода продукта на рынок и исправления ошибок по ходу реализации жизненного цикла.
- Продуктивная совместная работа взаимодействующих подразделений: маркетинга, конструкторской разработки, технологической подготовки, производственных и логистических подразделений. В этом случае поддерживается многосторонний поток данных в реальном времени, что улучшает качество обмена знаниями и совместной работы.
- Усиление аналитической работы по совершенствованию процесса создания продукции на основе анализа генерируемых больших объемов данных и применения инструментария машинного обучения. При этом достигается более качественное проектирование, эффективная реализация проектов, ориентированных на реализацию индивидуальных потребностей заказчиков.

В результате обобщения подходов к выделению производственных и бизнес-процессов в рамках платформы индустрии 4-го поколения [7, 16–18] и построению структуры процессов на основе интеллектуальных технологий SAP [19] предлагается следующая классификация производственных и бизнес-процессов на предприятии в условиях применения современных цифровых технологий (рис.1):

- Инновационные процессы, которые обеспечивают разработку продукции и услуг в соответствии с требованиями потребителей, обеспечивая вариативность продуктов и междисциплинарность процесса интеллектуальной разработки продуктов, объединение инженерных данных и бизнес-данных в масштабах всего предприятия в центральном репозитории для повторного использования при разработке новых проектных решений, управление общими корпоративными знаниями.
- Бизнес-процессы управления цепочками поставок, которые объединяют разрозненных производителей компонентов в интеллектуальную сеть для совместной работы, формируя единую бизнес-экосистему и динамические сетевые предприятия под конкретные потребности с использованием технологий построения многоагентных систем.
- Сквозной процесс управления производством внутри цифровой фабрики. Организация производства на цифровых фабриках осуществляется на основе проведения анализа данных в реальном времени, применение технологий ИИ и машинного обучения для оп-

Рис. 1. Классификация производственных и бизнес-процессов цифрового предприятия

Fig. 1. Classification of production and business processes of a digital enterprise

тимизации процесса планирования использования ресурсов в производственном процессе.

• Процессы управления обслуживанием производства – отслеживание производительности оборудования в масштабе реального времени, прогнозирование и предотвращение простоев, применение динамического и диагностического обслуживания, использование преимущества цифровых двойников и тесное интегрирование активов и бизнес-процессов, сервисные модели поставок.

Рассмотрим организацию перечисленных видов производственных и бизнес-процессов более детально.

К основным аспектам организации процесса разработки нового изделия или услуги на основе использования цифровых технологий относятся [7, 19]:

• Совместная разработка проектных решений в масштабах всего предприятия предполагает: организацию безопасной и бесперебойной междисциплинарной работы над структурированными и неструктурированными данными о продуктах и услугах; подключение поставщиков и клиентов в процессе проектирования для обеспечения прозрачности и снижения рисков проектных решений; поддержку процессов управления задачами, анализа ограничений с использованием централизованного репозитория; эффективную разработку связанных производственных процессов в масштабах всего предприятия.

• Управление данными Индустрии 4.0, используемыми для инноваций в продуктах включает: создание инженерных моделей с применением промышленного интернета вещей и выполнение моделирования в режиме «Что, если» для оптимизации производственных и бизнес-процессов; возможность использования инженерных моделей на всех этапах жизненного цикла; анализ накапливаемых данных об использовании продукта для совершенствования конструкции изделия.

• Реализация «визуального цифрового потока» предполагает применение визуальных облачных приложений нового поколения, интеграцию 3D CAD-систем с ERP системами и основными данными для построения различных типов моделей, используемых на различных этапах жизненного цикла продукции, накапливание и визуализацию данных о результатах моделирования и опытной эксплуатации образцов создаваемых продуктов и услуг.

Интеллектуальное управление цепочками поставок осуществляется в следующих аспектах:

• Обеспечивается эффективность закупочных процессов, надежность поставок и соблюдение нормативных требований за счет повышения прозрачности закупок и предоставления доступа к бизнес-экосистеме поставщиков.

• Оптимизируется планирование мощностей и запасов для непрерывного снабжения производственного процесса, что позволяет повысить устойчивость цепочек поставок за счет настройки бизнес-процессов на конкретные условия исполнения.

• Обеспечивается сотрудничество с грузоотправителями и перевозчиками для логистических процессов перевозки грузов, осуществляется обмен информацией и обеспечение прозрачности логистической цепочки за счет оптимизации процессов перевозки, увеличения своевременности и снижения рисков поставок.

• Выполняется непрерывный мониторинг эксплуатации продукции и оказания услуг на стадии послепродажного обслуживания, в ходе которого собираются большие объемы данных и проводится анализ для исправления отклонений и совершенствования продукта на основе данных, накопленных в репозитории.

Организация сквозного производственного процесса на цифровых фабриках осуществляется в соответствии с принципами интегрированного планирования и управления всеми ресурсами:

• Интегрированное производственное планирование выполняется с учетом балансировки рисков, затрат и производительности и ограничений производственных мощностей и доступности материалов.

• Репозиторий применяется для планирования операций, сроков годности и сочетания моделей и интегрирует основные производственные данные, такие как маршруты и спецификации материалов.

• Осуществляется непрерывный сбор и отслеживание информации об использовании оборудования в центральном репозитории для последующего выполнения функций планирования и совершенствовании распределения ресурсов в процессах.

Процессы сервисного обслуживания производства реализуют управление активами цифровой фабрики (оборудованием, производственными линиями, цехами) и выполняются в соответствии со следующими концептуальными положениями:

• Обеспечивается совместная работа все заинтересованных сторон (поставщиков компонентов, провайдеров сервисов и платформ, производственных подразделений заказчиков) над единой версией достоверных данных об активах для оптимального управления ими на основе ведения единой базы данных активов, поставщиков компонентов, операторов и поставщиков услуг.

• Поддерживается экосистема всех заинтересованных сторон в управлении активами

на единой цифровой платформе для организации совместной работы и сотрудничества с существующими и новыми партнерами для эффективного масштабирования процессов сервисного обслуживания.

• Создание и эксплуатация общей цифровой платформы для совместной работы операторов активов и поставщиков услуг по заказам на обслуживание оборудования и других активов, своевременного проведения ремонтных работ и замены выходящих из эксплуатации активов.

2. Организация производственных и бизнес-процессов цифрового предприятия на основе прикладных сценариев цифровизации

Для организации производственных и бизнес-процессов предприятий возможны различные прикладные сценарии цифровизации. Эти сценарии определяют способы применения цифровых технологий для реализации различных типов бизнес-моделей взаимодействия участников цепочек создания стоимости (заинтересованных сторон) как на внешнем, так и на внутреннем уровнях организации. Участники производственных и бизнес-процессов могут выполнять различные роли, к которым относят роли производителей продукции, поставщиков основных и оборотных средств, а также сервисов, потребителей, операторов платформ и системных интеграторов, причем некоторые роли могут совмещаться в лице одних и тех же предприятий-исполнителей.

Рабочей группой по исследованиям и разработкам платформы индустрии 4-го поколения (R&D Working Group Plattform Industrie 4.0 AG2) определены перспективные прикладные сценарии цифровизации выделенных видов производственных и бизнес-процессов [7]. Эти сценарии рассматриваются с позиции оценки влияния на достижение бизнес-эффектов для основных участников цепочки создания стоимости. С этой точки зрения для различных прикладных сценариев необходимо определить состав заинтересованных сторон в цепочках создания стоимости и их видение развития предприятия под воздействием цифровых технологий, а также профили бизнес-интересов и ожиданий в получении сетевых эффектов.

Видение участников цепочки создания стоимости под углом зрения выбранного прикладного сценария цифровизации определяет характерные особенности способа организации производственных и бизнес-процессов. Видение результатов реализации прикладных сценариев конкретизируется следующими основными характеристиками:

– Ценности и опыт, отражают то, какое значение имеет организация производствен-

Таблица 1 (Table 1)

Таблица «Прикладные сценарии цифровизации для организации производственных и бизнес-процессов»
Table "Applied scenarios of digitalization for the organization of production and business processes"

№ п.п	Прикладной сценарий цифровизации – видение	Ценности и опыт для заинтересованных сторон	Ключевые задачи	Фундаментальные возможности
Инновационные процессы разработки продукта				
1.	IPD – Innovative Product Development Инновационная разработка продукта – интеграция заинтересованных сторон в процесс проектирования	– Сокращение времени выхода продукта на рынок за счет интеграции компетенций – Разработка более сложных продуктов, ориентированных на индивидуальные потребности заказчиков	– Использование интеллектуальных сетей сотрудничества – Непрерывное проектирование технологических процессов – Интеграция разнообразных компетенций, используемых материалов, технологий – Включение потребителей продукции в процесс проектирования	– Простое и быстрое расширение ключевых компетенций путем интеграции партнеров по разработке и потенциальных клиентов повышает эффективность и качество выпускаемой продукции – Повышение роли цифровых платформ для интеграции участников инновационного процесса
2.	SP2 – Smart Product Development for Smart Production, интеллектуальная разработка смарт продуктов	– Совместное определение требований производителями, поставщиками систем и заказчиками на этапе проектирования, – Координация функциональных возможностей в технологии и производстве, что обеспечивает преимущества на последующих этапах процесса и создания добавленной стоимости	Цепочка ценности направлена на создание цифровых продуктов, кибер-физических устройств, генерирующих и использующих большие объемы данных	– Наличие технически надежных и заслуживающих доверия стандартов обеспечивает инфраструктуру, которая допускает взаимосвязанный обмен данными на различных этапах проектирования – Стандартизация требований – один из аспектов разработки продукта, позволяет использовать возможности адаптивных производственных технологий

Окончание табл. 1

№ п.п	Прикладной сценарий цифровизации – видение	Ценности и опыт для заинтересованных сторон	Ключевые задачи	Фундаментальные возможности
Бизнес-процессы управления цепочками поставок				
3.	OCP – Order-Controlled Production Управление выполнением заказов на расширенной сети производственных мощностей	– Расширение производственных возможностей предприятия – Оптимизация использования оборудования	Автоматическое планирование, распределение и выполнение заказов по сети производственных мощностей, совместное использование производственных мощностей в сети	– Распределенные и динамичные сети для построения цепочки создания стоимости в зависимости от требований индивидуального заказа – Динамичная интеграция производственных мощностей обеспечивает эффективное использование оборудования
4.	SAL – Self-organising Adaptive Logistics Самоорганизующаяся адаптивная логистика	– Сокращение сроков доставки, запасов, снижение цен и лучшее использование имеющейся инфраструктуры – Повышение надежности, противодействие возможным нарушениям в цепочке поставок из внутренних или внешних источников, использование лучших решений, основанных на эффективном анализе данных	Децентрализованные, гибкие и автономно взаимодействующие модули обработки материалов и надежная логистика распределения работ на внутреннем и внешнем уровнях	– Самообучающаяся система передает производственные задания на производственные линии и гибко реагирует на системные сбои и приоритеты клиентов. – Интеллектуальная маршрутизация транспортных перевозок в соответствии с особенностями заказа, сведение к минимуму затрат времени и ресурсов
Сквозной процесс управления производством				
5.	AF – Adaptable Factory Адаптируемая фабрика	– Недорогое и надежное осуществление производства, быстро реагирующее на изменения в требованиях клиентов и рынка. – Растущая стандартизация и модульность расширяют возможности объединения производственных подразделений.	– Быстрое и гибкое подключение производственных мощностей за счет использования в конфигурации интеллектуальных и совместимых модулей и использования стандартизированных интерфейсов между этими модулями – Модули должны содержать самоописание относительно их способности быть объединены или преобразованы в установку очень быстро и надежно.	– Добавленная стоимость переходит от системного интегратора к поставщику оборудования или его производителю за счет более легкой интеграции машин или компонентов. – Усиление внимания к организации производственных процессов за счет применения интеллектуальных, самонастраивающиеся и совместимых производственных модулей.
Процессы сервисного обслуживания производства				
6.	VBS – Value-Based Services Сервисы, основанные на ценностях	– Использование накапливаемых объемов данных для дальнейшего развития продуктового портфеля – Более эффективное использование и повышение доступности продукта, технического обслуживания	Сбор данных о процессах и статусе из источников производства и эксплуатации продукта, используются для совершенствования бизнес-моделей и услуг	– Сбор данных об использовании продукта – например, машин или установок для производственных целей – Анализ и обработка данных для предоставления услуг по индивидуальному заказу
7.	TAP – Transparency and Adaptability of delivered Products – Обеспечение прозрачности использования и адаптивности поставляемых продуктов	– Легкая адаптация к текущим условиям использования, более качественное техническое обслуживание продукта – Дополнительные индивидуальные услуги, предлагаемые в связи с послепродажным обслуживанием, а также оптимизация сопутствующих бизнес-процессов.	– Мониторинг состояния и адаптация продуктов в зависимости от использования после доставки или активация отдельных функций по требованию. – Большая часть данных должна быть предварительно обработана децентрализовано	– Переход от продажи отдельных продуктов к продаже всего пакета услуг, включающего техническое обслуживание. – Развитие модели экономики совместного использования

ных и бизнес-процессов для конкретных заинтересованных сторон. Они дают обоснование того, почему необходимо реализовывать тот или иной сценарий.

– Ключевые задачи определяют основные способы реализации ценностей и опыта в рамках выбранного прикладного сценария. Решение ключевых задач должно быть измеряемым и привязанным ко времени. В этом отношении предлагаются индикаторы эффективности, поддающиеся количественной оценке технические и, в конечном счете, экономические показатели, ожидаемые от внедряемой системы в контексте предоставления ценностей и опыта.

– Фундаментальные возможности относятся к высокоуровневым спецификациям существенной способности системы выполнять конкретные ключевые задачи. Ключевые задачи определяют требования к спецификациям фундаментальных возможностей.

Наиболее важные в контексте статьи прикладные сценарии цифровизации представлены в таблице 1, формализованной на основе [7].

Анализ представленных прикладных сценариев цифровизации показывает, что одни и те же виды производственных и бизнес-процессов могут быть организованы по-разному. Выбор конкретного сценария применения зависит от предлагаемого к использованию типа бизнес-модели. В [20] были определены основные типы бизнес-моделей: модель интеграции участников цепочки создания стоимости, модель сервисного обслуживания продуктов и услуг, модель доверенного доступа к данным. В соответствии с этими типами бизнес-моделей предлагается рассматривать следующее соотношение типов бизнес-моделей и прикладных сценариев цифровизации (таблица 2):

Таблица 2 (Table 2)

Соотношение типов бизнес-моделей и прикладных сценариев цифровизации

Correlation between types of business models and applied digitalization scenarios

Тип бизнес-модели	Модель интеграции участников цепочки создания стоимости	Модель сервисного обслуживания продуктов и услуг	Модель доверенного доступа к данным
Прикладной сценарий цифровизации	IPD, SP2, OCP, SAL	VBS, TAP, AF	IPD, SP2, VBS, TAP

Для более точного выбора прикладного сценария цифровизации для организации производственных и бизнес-процессов предприятия необходимо выполнить экономический анализ сетевых эффектов для участников цепочки создания стоимости в соответствии с экономической моделью построения архитектуры цифрового предприятия с учетом характера выпускаемой продукции и/или оказываемых услуг [21, 22].

3. Построение прикладных сценариев цифровизации для организации производственных и бизнес-процессов

В настоящее время наибольшую проработанность реализации в различных типах бизнес-моделях получил прикладной сценарий «Сервис на основе ценности». Рассмотрим принципы организации производственных и бизнес-процессов на примере этого сценария в бизнес-модели сервисного обслуживания продуктов и услуг.

Прикладной сценарий цифровизации VBS – «Сервис, основанный на ценности» отражает сервисы сбора данных об эксплуатации поставляемых продуктов-оборудования и проведения на их основе анализа в различных целях: в оперативном плане для мониторинга состояния оборудования и принятия своевременных решений о его ремонте или замене; в тактическом плане – для оптимизации использования оборудования и календарного планирования для множества параллельно выполняющихся производственных процессов; в стратегическом плане – для улучшения конструкции изделий для будущих заказов. В соответствии с концепцией цифровой платформы индустрии 4-го поколения, перечисленные сервисы реализуются в рамках программных административных оболочек, связанных с физическими активами (оборудованием) [18,25], и программной платформой, поддерживающей общесистемные сервисы [3].

В соответствии с перечисленными сервисами в прикладном сценарии отражаются участники цепочки создания стоимости, которые выполняют следующие роли (рис. 2):

– потребитель – предприятие, которое эксплуатирует поставляемое оборудование и использует сервисы сбора и анализа данных для оптимизации и календарного планирования производства продукции;

– производитель – предприятие, которое поставляет оборудование на предприятие (сдает в аренду) и осуществляет мониторинг процесса эксплуатации оборудования у потребителя для принятия оперативных решений о поддержании оборудования в работоспособном состоянии (сопровождение) и подготовку требований для улучшения конструкции выпускаемых изделий;

– поставщик сервисов (сервис-провайдер) – организа-

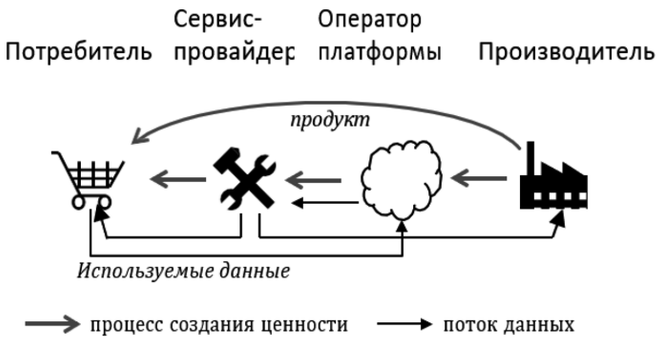

Рис. 2. Ролевая модель взаимодействия участников цепочки создания стоимости для прикладного сценария применения сервисов, основанных на ценности (построено на основе [23–25]).

Fig. 2. Role model of interaction between participants in the value chain for the applied scenario of using value-based services (created on the basis of [23–25]).

ция, которая осуществляет программную разработку сервисов сбора и анализа данных и проводит их интеграцию с оборудованием, поставленным предприятию-потребителю. Функции разработки сервисов и их интеграции на конкретном производственном объекте могут быть реализованы различными организациями. Таким образом, поставщик сервисов обеспечивает связь сервисов с продуктом (оборудованием) и сбор данных о работе продукта.

– оператор платформы – это организация, которая поддерживает облачную инфраструктуру цифровой платформы и осуществляет подключение к облачной платформе участников сценария выполнения производственных и бизнес-процессов: производителя, потребителя и поставщика сервисов.

В качестве программных сервисов могут выступать как специализированные прикладные решения, например, для установления и поддержания связей между оборудованием и программными административными оболочками, так и типовые прикладные решения, например, программные модули оперативно-календарного цехового планирования производства (системы MES от различных вендоров).

На рисунке 2 показана схема материальных и информационных потоков. Предприятию-потребителю поставляются продукт и необходимые программные-сервисы, которые связаны с оборудованием. Оператор платформы предоставляет облачную инфраструктуру сервис-провайдеру для подключения программных административных оболочек к физическим активам (оборудованию). Предприятие-производитель подключает физическое оборудование к облачной инфраструктуре, часто через специальную организацию системного интегратора. Финансовые потоки соответственно организуются в обратную сторону: потребитель платит за использование поставляемого оборудования производителю и программных сервисов сервис-провайдеру (арендная плата), сервис-провайдер оплачивает услуги использования облачной платформы, а оператор облачной платформы платит производителю за подключение оборудования, которое по сути становится частью облачной инфраструктуры (в некоторых случаях оборудование даже не требуется физически перемещать на территорию предприятия-потребителя). В конкретных бизнес-моделях схемы платежей могут быть адаптированы к особенно-

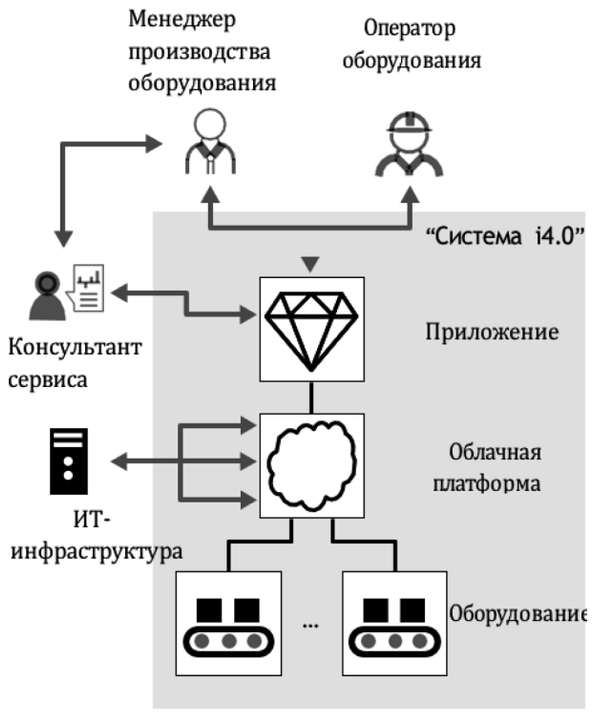

Рис. 3. Схема генерации рекомендаций на основе сбора данных о работе оборудования (построено на основе [23])

Fig. 3. Scheme of generation of recommendations based on the collection of data on the operation of the equipment (created on the basis of [23])

стям бизнеса и договоренностям между участниками бизнес-процессов. Описанные роли могут выполняться одними и теми же предприятиями/организациями в зависимости от обладания соответствующими компетенциями.

Информационный поток генерируется оборудованием в производственных процессах потребителя. Информация поступает в облачную инфраструктуру и отражается в виде значений свойств административных оболочек, связанных с оборудованием. Эта информация обрабатывается сервисами программных административных оболочек (приложение системы i4.0) и поступает консультанту сервиса поставщика услуг, а также менеджеру производства оборудования на предприятии-производителе и оператору оборудования на предприятии-потребителе для принятия решений на различных уровнях управления в зависимости от конкретных целей использования собранных данных (рис. 3).

Представленная схема генерации рекомендаций имеет обобщенный характер. Особенность применения того или иного сервиса на различных уровнях управления вызывает необходимость разработки детальных схем взаимодействия участников цепочки создания стоимости.

Заключение

В статье проанализирована взаимосвязь организации производственных и бизнес-процессов цифрового предприятия с использованием прикладных сценариев цифровизации. Для решения этой задачи проведена классификация производственных и бизнес-процессов под углом зрения возможности применения современных цифровых технологий, таких как промышленный интернет, искусственный интеллект, цифровые сервисно-ориентированные платформы, в повышении эффективности, гибкости и надежности динамически формируемых цепочек создания стоимости цифровых предприятий.

В статье выполнен анализ прикладных сценариев цифровизации при построении производственных и бизнес-процессов цифрового предприятия, который показал, что для различных типов бизнес-моделей могут применяться комбинации сценариев и соответственно сценарии могут реализовываться в нескольких типах бизнес-моделей.

Уточненная ролевая модель взаимодействия участников цепочки создания стоимости для наиболее распространенного прикладного сценария, связанного с применением сервисов, основанных на ценности, позволяет осуществлять накопление и обработку генерируемых цифровых данных о работе физических активов для осуществления функций управления на оперативном, тактическом и стратегическом уровнях.

В результате проведенного исследования можно сделать вывод о необходимости продолжения исследований в области формирования эффективных прикладных сценариев цифровизации предприятий для различных типов производственных и бизнес-процессов.

Литература

1. Многоуровневая структура фабрик будущего [Электрон. ресурс] // Ассоциация «Технет». Инфраструктурный центр «Технет» Фабрики будущего (technet-nti.ru). Режим доступа: https://technet-nti.ru/article/fabriki-buducshego. (Дата обращения: 30.04.2023).

2. Шведов Л.А. Современное состояние и перспективы цифровизации российской промышленности // Экономика и предпринимательство. 2021. № 6. С. 246–249.

3. Тельнов Ю.Ф., Казаков В.А., Данилов А.В., Денисов А.А. Требования к программной реализации системы Индустрии 4.0 для создания сетевых предприятий // Программные продукты и системы. 2022. Т. 35. № 4. С. 561–566.

4. Пинье И., Остервальдер А. Построение бизнес-моделей. Настольная книга стратега и новатора. М.: Альбина Паблишер, Серия Сколково, 2018. 330 с.

5. Гасман О., Франкебергер К., Шик М. Бизнес-модели: 55 лучших шаблонов. М.: Альбина Паблишер, 2017. 432 с.

6. Рындина С. В. Бизнес-модели цифровой экономики. Пенза: ПГУ, 2020. 68 с.

7. Aspects of the Research Roadmap in Application Scenarios [Электрон. ресурс]. Режим доступа: http://www.plattform-i40.de/I40/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/aspects-of-the-research-roadmap.html. (Дата обращения: 30.04.2023).

8. Reiner Anderl, Klaus Bauer, Thomas Bauernhansl and other. Proposal for a joint “scenario” of Plattform Industrie 4.0 and IIC [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/jointscenario.pdf?__blob=publicationFile&v=5. (Дата обращения: 30.04.2023).

9. Julia Wagner, Henning Kontny. Use Case of Self-Organizing Adaptive Supply Chain // Digitalization in Supply Chain Management and Logistics Wolfgang Kersten, Thorsten Blecker and Christian M. Ringle (Eds.) ISBN 9783745043280, Oktober 2017, epubli GmbH, Berlin, C. 255–273.

10. Reference Architectural Model Industrie 4.0 (RAMI 4.0) – An Introduction [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/rami40-an-

introduction.html. (Дата обращения: 30.04.2023).

11. The Industrial Internet Reference Architecture Technical Report [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://www.iiconsortium.org/IIRA.htm. (Дата обращения: 15.03.2023).

12. Минаев В.А., Мазин А.В., Здирук К.Б., Куликов Л.С. Цифровые двойники объектов в решении задач управления // Радиопромышленность. 2019. Т. 29. № 3. С. 68–78. DOI: 10.21778/2413-9599-2019-29-3-68-78.

13. Bajaj M., Hedberg T. System lifecycle handler – Spinning a digital thread for manufacturing // 28th Annual INCOSE International Symposium. Washington, DC, 7–12 July 2018. С. 1626–1650. DOI: 10.1002/j.2334-5837.2018.00573.x.

14. Васеев И.Е., Годунова Е.А., Санатов Д.В., Семенова М.А., Харитонов М.А. Искусственный интеллект в промышленности // Источники новых индустрий. Выпуск 3. Экспертно-аналитический доклад. СПб.: Фонд поддержки инноваций и молодежных инициатив Санкт-Петербурга, 2022. 46 с.

15. Technology Scenario 'Artificial Intelligence in Industrie 4.0' [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/AI-in-Industrie4.0.pdf?__blob=publicationFile&v=5. (Дата обращения: 30.04.2023).

16. Kraus N., Kraus K. Digitalization of business processes of enterprises of the ecosystem of Industry 4.0: virtual-real aspect of economic growth reserves // WSEAS Transactions on Business and Economics. 2021. № 18. С. 569–580.

17. Bouncken R.B., Kraus S., Roig-Tierno N. Knowledge and innovation-based business models for future growth: Digitalized business models and portfolio considerations // Review of Managerial Science. 2021. Т. 15. № 1. С. 1–14.

18. Andreas Deuter, Sebastian Imort. Product Lifecycle Management with the Asset Administration Shell // Computers 2021, 10, 84. Computers. An Open Access Journal from MDPI. DOI: 10.3390/computers10070084. (Дата обращения: 30.04.2023).

19. Решения SAP для «Индустрии 4.0». IIoT & Smart Manufacturing [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://www.sap.com/cis/products/scm/industry-4-0.html#intelligent-products. (Дата обращения: 30.04.2023).

20. Тельнов Ю.Ф., Брызгалов А.А., Козырев П.А., Королева Д.С. Выбор типа бизнес-модели для реализации стратегии цифровой трансформации сетевого предприятия // Бизнес-информатика. 2022. № 4. С. 50–67.

21. Брызгалов А.А., Тельнов Ю.Ф. Экономическая модель построения архитектуры сетевого предприятия // Статистика и математические методы в экономике. 2022. Т. 19. № 6. С. 53–62.

22. Vakeel K.A., Malthouse E.C., Yang A. Impact of network effects on service provider performance in digital business platforms // Journal of Service Management. 2020. Т. 32. № 4. С. 461–482.

23. Ulrich Löwen, Annerose Braune,Guido Huettemann, Matthias Klein [Электрон. ресурс] // Usage Viewpoint of Application Scenario Value-Based Service, discussion paper. Режим доступа: https://www.plattform-i40.de/I40/Redaktion/ DE/Downloads/Publikation/hm-2018-usage-viewpoint.html. (Дата обращения: 30.04.2023).

24. Exemplification of the Application Scenario Value-Based Service following IIRA Structure. [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://www.plattform-i40.de/I40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/exemplification-i40-value-based-service.html. (Дата обращения: 30.04.2023).

25. Usage View of Asset Administration Shell, discussion paper [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/2019-usage-view-asset-administration-shell.pdf?__blob=publicationFile&v=6. (Дата обращения: 30.04.2023).

References

1. Mnogourovnevaya struktura fabrik budushchego = Multilevel structure of factories of the future [Internet]. Assotsiatsiya «Tekhnet». Infrastrukturnyy tsentr «Tekhnet» Fabriki budushchego (technet-nti.ru) = Technet Association. Technet Infrastructure Center Factories of the Future. Available from: https://technet-nti.ru/article/fabriki-buducshego. (cited 30.04.2023). (In Russ.)

2. Shvedov L.A. Current state and prospects of digitalization of the Russian industry. Ekonomika i predprinimatel'stvo = Economics and Entrepreneurship. 2021; 6: 246–249. (In Russ.)

3. Tel'nov Yu.F., Kazakov V.A., Danilov A.V., Denisov A.A. Requirements for the software implementation of the Industry 4.0 system for creating network enterprises. Programmnyye produkty i sistemy = Software products and systems. 2022; 35; 4: 561–566. (In Russ.)

4. Pin'ye I., Osterval'der A. Postroyeniye biznes-modeley. Nastol'naya kniga stratega i novatora = Construction of business models. Handbook of the strategist and innovator. Moscow: Albina Publisher, Skolkovo Series; 2018. 330 p. (In Russ.)

5. Gasman O., Frankeberger K., Shik M. Biznes-modeli: 55 luchshikh shablonov = Business models: 55 best templates. Moscow: Albina Publisher; 2017. 432 p. (In Russ.)

6. Ryndina S.V. Biznes-modeli tsifrovoy ekonomiki = Business models of the digital economy. Penza: PSU; 2020. 68 p. (In Russ.)

7. Aspects of the Research Roadmap in Application Scenarios [Internet]. Available from: http://www.plattform-i40.de/I40/Redaktion/EN/Down-

loads/Publikation/aspects-of-the-research-roadmap.html. (cited 30.04.2023).

8. Reiner Anderl, Klaus Bauer, Thomas Bauernhansl and other. Proposal for a joint "scenario" of Plattform Industrie 4.0 and IIC [Internet]. Available from: https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/jointscenario.pdf?__blob=publicationFile&v=5. (cited 30.04.2023).

9. Julia Wagner, Henning Kontny. Use Case of Self-Organizing Adaptive Supply Chain. Digitalization in Supply Chain Management and Logistics Wolfgang Kersten, Thorsten Blecker and Christian M. Ringle (Eds.) ISBN 9783745043280, Oktober 2017, epubli GmbH, Berlin: 255-273.

10. Reference Architectural Model Industrie 4.0 (RAMI 4.0) – An Introduction [Internet]. Available from: https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/rami40-an-introduction.html. (cited 30.04.2023).

11. The Industrial Internet Reference Architecture Technical Report [Internet]. Available from: https://www.iiconsortium.org/IIRA.htm. (cited 15.03.2023).

12. Minayev V.A., Mazin A.V., Zdiruk K.B., Kulikov L.S. Digital twins of objects in solving control problems. Radiopromyshlennost' = Radio industry. 2019; 29; 3: 68–78. DOI: 10.21778/2413-9599-2019-29-3-68-78. (In Russ.)

13. Bajaj M., Hedberg T. System lifecycle handler – Spinning a digital thread for manufacturing. 28th Annual INCOSE International Symposium. Washington, DC, 7–12 July 2018: 1626–1650. DOI: 10.1002/j.2334-5837.2018.00573.x.

14. Vaseyev I.Ye., Godunova Ye.A., Sanatov D.V., Semenova M.A., Kharitonov M.A. Artificial intelligence in industry. Istochniki novykh industriy. Vypusk 3. Ekspertno-analiticheskiy doklad = Sources of new industries. Issue 3. Expert-analytical report. Saint Petersburg: Foundation for Support of Innovations and Youth Initiatives of St. Petersburg; 2022. 46 p. (In Russ.)

15. Technology Scenario 'Artificial Intelligence in Industrie 4.0' [Internet]. Available from: https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/AI-in-Industrie4.0.pdf?__blob=publicationFile&v=5. (cited 30.04.2023).

16. Kraus N., Kraus K. Digitalization of business processes of enterprises of the ecosystem of Industry 4.0: virtual-real aspect of economic growth reserves. WSEAS Transactions on Business and Economics. 2021; 18: 569-580.

17. Bouncken R.B., Kraus S., Roig-Tierno N. Knowledge and innovation-based business models for future growth: Digitalized business models and portfolio considerations. Review of Managerial Science. 2021; 15; 1: 1-14.

18. Andreas Deuter, Sebastian Imort. Product Lifecycle Management with the Asset Administration Shell. Computers 2021; 10: 84. Computers. An Open Access Journal from MDPI. DOI: 10.3390/computers10070084. (cited 30.04.2023).

19. Resheniya SAP dlya «Industrii 4.0». IIoT & Smart Manufacturing [Internet]. Available from: https://www.sap.com/cis/products/scm/industry-4-0.html#intelligent-products. (cited 30.04.2023). (In Russ.)

20. Tel'nov Yu.F., Bryzgalov A.A., Kozyrev P.A., Koroleva D.S. Choosing the type of business model for implementing the digital transformation strategy of a network enterprise. Biznes-informatika = Business Informatics. 2022; 4: 50-67. (In Russ.)

21. Bryzgalov A.A., Tel'nov Yu.F. An economic model for constructing the architecture of a network enterprise. Statistika i matematicheskiye metody v ekonomike = Statistics and Mathematical Methods in Economics. 2022; 19; 6: 53-62. (In Russ.)

22. Vakeel K.A., Malthouse E.C., Yang A. Impact of network effects on service provider performance in digital business platforms. Journal of Service Management. 2020; 32; 4: 461-482.

23. Ulrich Löwen, Annerose Braune,Guido Huettemann, Matthias Klein [Internet]. Usage Viewpoint of Application Scenario Value-Based Service, discussion paper. Available from: https://www.plattform-i40.de/I40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/hm-2018-usage-viewpoint.html. (cited 30.04.2023).

24. Exemplification of the Application Scenario Value-Based Service following IIRA Structure. [Internet]. Available from: https://www.plattform-i40.de/I40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/exemplification-i40-value-based-service.html. (cited 30.04.2023).

25. Usage View of Asset Administration Shell, discussion paper [Internet]. Available from: https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/2019-usage-view-asset-administration-shell.pdf?__blob=publicationFile&v=6. (cited 30.04.2023).

Сведения об авторах

Юрий Филиппович Тельнов
Д.э.н., профессор, зав. кафедрой прикладной информатики и информационной безопасности
Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова,
Москва, Россия
Эл. почта: Telnov.YuF@rea.ru

Алексей Алексеевич Брызгалов
Ассистент кафедры прикладной информатики и информационной безопасности
Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Москва, Россия
Эл. почта: Bryzgalov.AA@rea.ru

Дарья Сергеевна Королева
Ассистент кафедры прикладной информатики и информационной безопасности
Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Москва, Россия
Эл. почта: Koroleva.DS@rea.ru

Information about the authors

Yury F. Telnov
Doctor of Economics, Professor, Head of the Department of Applied Informatics and Information Security
Plekhanov Russian University of Economics,
Moscow, Russia
E-mail: Telnov.YuF@rea.ru

Alexey A. Bryzgalov
Assistant of the Department of Applied Informatics and Information Security
Plekhanov Russian University of Economics
Moscow, Russia
E-mail: Bryzgalov.AA@rea.ru

Daria S. Koroleva
Assistant of the Department of Applied Informatics and Information Security
Plekhanov Russian University of Economics,
Moscow, Russia
E-mail: Koroleva.DS@rea.ru