

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Г.И. Коновалова

Брянский государственный технический университет

Россия, 241035, Брянск, Харьковская ул., 10-Б

Введение. Цифровая трансформация машиностроительных предприятий направлена на получение следующих эффектов: технологической и организационной гибкости; экономии материалов; сведение к минимуму действий, не создающих добавленную стоимость; ускорение производственных процессов; повышение производительности; уменьшение затрат. Ключевым фактором цифровой трансформации являются новые бизнес-процессы и новые бизнес-модели деятельности машиностроительного предприятия, а решающим моментом - создание единой цифровой модели (цифрового двойника) проектирования, производства и управления. Основными свойствами цифрового двойника машиностроительного предприятия должны быть универсальность, интегральность, видение будущего. В настоящем исследовании разрабатывается концепция цифровой модели и методология создания цифрового двойника проектирования, производства и управления машиностроительным предприятием.

Методы исследования. Концепция и методология создания единой цифровой модели проектирования, производства и управления машиностроительным предприятием базируется на результатах исследований зарубежных и отечественных ученых по проблемам производственного менеджмента. Основой исследования являются теория систем, теория управления организационными системами, теория принятия решений. При решении поставленных задач использовались общенаучные методы (системный анализ, системный синтез, дифференциация и интеграция, обобщение и аналогия), базовые подходы производственного менеджмента (стратегический, функциональный, процессный, ситуационный, динамический), моделирование производственных процессов, принятие решений.

Результаты исследования. Разработаны теоретические и методологические основы создания единой цифровой модели (цифрового двойника) проектирования, производства и управления машиностроительным предприятием. Доказано, что цифровому двойнику на машиностроительном предприятии присущи такие свойства как универсальность, интегральность, видение будущего. Предложено операционное ядро цифрового двойника, в котором интегрированы объекты и процессы, а функции управления реализованы на единой методологической основе. Исследование информационных потоков и информационных взаимодействий между структурными подразделениями предприятия показало, что в условиях цифровой трансформации информационная система управления должна быть централизованной. Основные положения настоящего исследования апробированы в реальных заводских условиях на крупном машиностроительном заводе с разнотипным динамичным многономенклатурным производством. Полученные результаты подтвердили совпадение свойств единой цифровой модели производства и соответствующих свойств моделируемого объекта.

Заключение. Настоящее исследование является развитием теории и методологии производственного менеджмента; способствует реализации национальной программы цифровой трансформации

Сведения об авторе:

Коновалова Галина Ильинична (*eopuk@mail.ru*), д-р экон. наук, доцент, профессор кафедры отраслевой экономики

On author:

Konovalova Galina I. (*eopuk@mail.ru*), Doctor of Economics, Associate Professor, Professor of the Department of Branch Economy

Цифровая трансформация промышленных систем

машиностроительных предприятий; создает материальные, финансовые и временные ресурсы для увеличения выпуска продукции на основе снижения потерь производства и поддержания на нормативном уровне производственных запасов; служит основанием для максимально возможной координации между участниками производственной деятельности.

Ключевые слова: цифровые платформы, цифровая трансформация, бизнес-процессы, бизнес-модели, цифровой двойник, машиностроительное предприятие.

Для цитирования:

Коновалова Г. И. Концептуальные и методологические основы цифровой трансформации машиностроительного предприятия // Организатор производства. 2023. Т.31. № 1. С. 159-170. DOI: 10.36622/VSTU.2023.56.17.012.

CONCEPTUAL AND METHODOLOGICAL FRAMEWORK DIGITAL TRANSFORMATION MACHINE-BUILDING ENTERPRISE

G.I. Konovalova

*Bryansk State Technical University
Russia, 241035, Bryansk, Kharkovskaya st., 10-B*

Introduction. *The digital transformation of machine-building enterprises is aimed at obtaining the following effects: technological and organizational flexibility; saving materials; minimizing non-value added activities; acceleration of production processes; productivity increase; cost reduction. The key factor in digital transformation is new business processes and new business models for the activities of a machine-building enterprise, and the decisive moment is the creation of a single digital model (digital twin) of design, production and management. The main properties of the digital twin of a machine-building enterprise should be universality, integrity, vision of the future. In this study, the concept of a digital model and a methodology for creating a digital twin of design, production and management of a machine-building enterprise are being developed*

Research methods. *The concept and methodology for creating a unified digital model for the design, production and management of a machine-building enterprise is based on the results of research by foreign and domestic scientists on the problems of production management. The basis of the research is the theory of systems, the theory of management of organizational systems, the theory of decision making. When solving the tasks set, general scientific methods were used (system analysis, system synthesis, differentiation and integration, generalization and analogy), basic approaches to production management (strategic, functional, process, situational, dynamic), modeling of production processes, adoption solutions.*

Research results. *Theoretical and methodological foundations for creating a single digital model (digital twin) for the design, production and management of a machine-building enterprise have been developed. It is proved that a digital twin at a machine-building enterprise has such properties as universality, integrity, vision of the future. The operational core of the digital twin is proposed, in which objects and processes are integrated, and management functions are implemented on a single methodological basis. The study of information flows and information interactions between the structural divisions of the enterprise showed that in the context of digital transformation, the information management system should be centralized. The main provisions of this study were tested in real factory conditions at a large machine-building plant with a diverse dynamic multi-product production. The results obtained confirmed the coincidence of the properties of a single digital production model and the corresponding properties of the modeled object.*

Conclusion. *This study is a development of the theory and methodology of production management; contributes to the implementation of the national program for the digital transformation of machine-building enterprises; creates material, financial and time resources to increase output based on reducing production losses and maintaining inventories at the standard level; serves as the basis for the maximum possible coordination between the participants in production activities.*

Key words: digital platforms, digital transformation, business processes, business models, digital twin. engineering company.

For citation:

Konovalova G. I. Conceptual and methodological foundations of digital transformation Machine-building enterprise // Organizer of Production. 2023. Vol. 31. No. 1. Pp. 159-170. DOI: 10.36622/VSTU.2023.56.17.012.

Введение

В настоящее время цифровые платформы и формируемые на их основе системы трансформируют целые отрасли, становятся драйверами экономического роста, инноваций и конкуренции. Цель настоящего исследования – определение сущности и содержания цифровой трансформации машиностроительных предприятий. Цифровая трансформация на предприятиях данной отрасли направлена на получение следующих эффектов: технологической и организационной гибкости; экономии материалов; сведение к минимуму действий, не создающих добавленную стоимость; ускорение производственных процессов; повышение производительности; уменьшение затрат [1-4]. Новые цифровые технологии призваны качественно изменить существующие производственные и управленческие процессы на машиностроительных предприятиях с целью получения перечисленных эффектов.

Цифровая трансформация опирается на целый ряд передовых технологий: компьютерное моделирование, цифровые платформы, промышленный интернет вещей, искусственный интеллект, большие данные, цифровые двойники, облачные вычисления, предиктивная аналитика, аддитивные технологии, виртуальные испытания и др. [5].

Ключевой фактор цифровой трансформации – это новые бизнес-процессы и новые бизнес-модели деятельности машиностроительного предприятия, отражающие такие характеристики как целевая цена, целевая прибыль, целевая себестоимость продукции. Важным элементом цифровой трансформации являются цифровые модели

(цифровые двойники), актуальность которых подтверждается в Стандарте цифровых двойников изделий [6], утвержденным в России в сентябре 2021 г. и рекомендуемом к распространению в первую очередь на предприятиях машиностроительной отрасли. Представляется, что данный Стандарт цифровых двойников изделий станет отправным для создания единого цифрового двойника проектирования, производства и управления для машиностроительных предприятий.

К настоящему времени опубликовано большое количество работ о цифровой трансформации в различных отраслях промышленности [7-11]. Характерными особенностями является то, что в них рассматриваются концептуальные модели цифровой трансформации и совсем нет исследований, в которых даны ответы на центральный вопрос – каковы ключевые составляющие цифровой трансформации? Ответы на данный вопрос являются актуальными и принципиальными, так как речь идет о методологии цифровой трансформации, которая стала бы основой для разработки и внедрения задач в реальных заводских условиях.

На данный момент необходимо отметить тот факт, что сегодняшние исследования цифровой трансформации машиностроительных предприятий ограничиваются либо управленческими процессами, либо операционными процессами. Нет работ, в которых предлагается комплексный целостный подход, использование которого позволило бы осуществлять цифровую трансформацию всех бизнес-моделей машиностроительного предприятия. В настоящем исследовании

предлагается один из путей решения данной проблемы.

Концепция цифровой модели машиностроительного предприятия

Решающим моментом в цифровой трансформации машиностроительных предприятий является создание «единой цифровой модели проектирования, производства и управления» [12].

Концепция построения единой цифровой модели состоит в представлении в виртуальной среде реальных активов (объектов, процессов, функций управления) в виде совокупности базовых сущностей, их связей и взаимодействий. Схема создания единой цифровой модели машиностроительного предприятия показана на рис.1.



Рис. 1. Схема создания единой цифровой модели машиностроительного предприятия

Fig. 1. Scheme for the creation of a single digital model of a machine-building enterprise

На данном рисунке отображены следующие базовые сущности единой цифровой модели машиностроительного предприятия:

- 1) объекты в реальной среде;
- 2) процессы в реальной среде;
- 3) функции управления в реальной среде;
- 4) модели объектов в виртуальной среде;
- 5) модели процессов в виртуальной среде;
- 6) модели функций управления в виртуальной среде;
- 7) потоки данных, связывающих реальные элементы (объекты, процессы, функции) и их модели.

В совокупности модели процессов, объектов и функций управления представляют собой виртуальный прототип реальных производственных активов машиностроительного предприятия, действующих в еди-

ной информационной среде. В состав реальных производственных активов входят изделия, персонал, материалы, оборудование, процессы, клиенты, поставщики, функции управления. Виртуальный прототип данных реальных производственных активов называется «цифровым двойником предприятия» [13].

В условиях цифровой трансформации машиностроительных предприятий цифровой двойник является инструментом проектирования и производства продукции, а также управления предприятием в реальном времени. Поэтому в цифровом двойнике должны быть максимально точно описаны связи и причинно-следственные зависимости между конструкторскими, технологическими, производственными, организационными, экономическими и управленческими параметрами, а также показателями деятельности предприятия.

Цифровой двойник функционирует с помощью датчиков интернета вещей, которые измеряют состояние объектов, процессов, функций управления и преобразуют полученные данные для дальнейшего использования в реальной производственной среде.

Характерная особенность цифрового двойника на машиностроительном предприятии состоит в минимально-возможном запаздывании состояний физических объектов от состояний виртуальных элементов. В условиях цифровой трансформации изменение параметров работы реальных активов происходит во много раз быстрее по сравнению с регулирующими действиями работников.

Цифровой двойник представляет собой информационный продукт, создаваемый на основе характеристик реальных производственных активов предприятия и их «информационных взаимодействий» [14]. Основными активами в цифровом двойнике являются данные.

Принципиальная схема создания цифрового двойника на машиностроительном предприятии приведена на рис. 2. Цифровая трансформация, позволяющая реализовать цифровое производство на машиностроительном предприятии, начинается с построения статической модели цифрового двойника на основе следующих реально существующих инструментов:

- 1) иерархической структуры состава изделия;
- 2) производственной структуры предприятия;
- 3) технологических маршрутов движения деталей, сборочных единиц, изделий;
- 4) технологических процессов изготовления деталей, сборочных единиц, изделий;
- 5) норм расхода материалов на детали, сборочные единицы, изделия;
- 6) календарно-плановых нормативов на детали, сборочные единицы, изделия;
- 7) состава основных производственных фондов предприятия.



Рис. 2. Принципиальная схема создания цифрового двойника на машиностроительном предприятии

Fig. 2. Principle scheme of creating a digital twin at a machine-building enterprise

Далее на основе статической модели описываются процессы и функции управления для получения динамической модели цифрового двойника машиностроительного предприятия. Для создания данной модели требуются следующие новые инструменты.

1) «универсальная система оперативного управления динамичным разнотипным машиностроительным производством» [15];

2) процедуры моделирования и оптимизации процессов, информационных потоков и взаимодействий объектов.

С созданием динамической модели деятельности машиностроительного предприятия процесс формирования цифрового двойника не заканчивается. Все текущие изменения в производственной системе сначала вносятся в виртуальную среду, тестируются в ней и только затем отображаются в реальной среде. Таким образом достигается согласование параметров реальной и виртуальной среды, а также развитие цифрового двойника.

Методология создания цифрового двойника на машиностроительном предприятии

Для того чтобы цифровой двойник проектирования, производства и управления на машиностроительном предприятии наиболее достоверно описывал состояние объекта, процесса, функций сегодня и в будущем, ему должны быть присущи такие свойства как «универсальность, интегральность и видение будущего» [14].

Свойство универсальности цифрового двойника может быть обеспечено только в том случае, если в нем имеется единое операционное ядро, на основе которого формируются информационные процессы, связи и взаимодействия в системе управления предприятием. На машиностроительном предприятии роль операционного ядра играет оперативное управление производством, так как с помощью его организуется основной вид деятельности на предприятии – производство продукции (создание добавленной

стоимости). Другие виды деятельности, как-то изучение рынков, материально-техническое обеспечение, реализация продукции, управление производственными запасами, производственными затратами и др., предназначены для создания необходимых условий для непрерывного протекания производственных процессов.

При этом необходимо принять во внимание, что современным машиностроительным предприятиям свойственны разнобразная номенклатура изготавливаемой продукции, сочетание различных типов производства (единичного, серийного, массового), широкая унификация деталей, разная длительность производственного цикла изготовления изделий (от нескольких дней до двух и более лет), многообразие технологических операций и производственного оборудования, высокая степень динамики производства.

Для управления машиностроительными предприятиями с динамичным разнотипным производством автором настоящего исследования разработана и внедрена на крупном машиностроительном заводе «методология универсальной системы оперативного управления производством» [15]. Основная сущность данной методологии заключается в том, что для управления различными типами производства применяются одни и те же элементы, что позволяет осуществлять планирование, учет, контроль, анализ и регулирование производства на различных уровнях иерархии и отрезках времени на единой методологической основе.

Новыми элементами в универсальной системе оперативного управления производством являются «динамичные планы-графики на долгосрочный период» [15], предназначенные:

1) для отображения динамики выпуска изделий, производства, потребности в материальных, трудовых и технических ресурсах;

2) отображения динамики производственных запасов и производственных затрат;

2) интеграции в едином комплексе различных функциональных подсистем, уровней управления и периодов планирования;

3) разработки и согласования целей и показателей деятельности структурных подразделений предприятия на долгосрочный

период для обеспечения максимально точного видения будущего предприятия.

Предлагается цифровой двойник машиностроительного предприятия строить на основе «новых элементов производственной системы» [15] и информационного обмена в условиях активного производства данных. Операционное ядро цифрового двойника показано на рис. 3.



Рис. 3. Операционное ядро цифрового двойника
Fig. 3. The operating core of the digital twin

Операционное ядро цифрового двойника машиностроительного предприятия состоит из семи элементов, дифференцированных по основным функциям управления. Центральное место в операционном ядре занимают данные о динамичных планах-графиках выпуска деталей, посредством которых моделируются частичные производственные процессы на предприятии.

Параметры динамичных планов-графиков выпуска деталей рассчитываются на основе характеристик динамичного плана-графика выпуска изделий, применимости и нормативов опережений выпуска деталей на изделия. Данные в динамичном плане-графике по детали одного наименования определяют параметры частичного производственного процесса на предприятии: но-

мера отрезков времени на горизонте планирования; длительность отрезков с одинаковым дневным выпуском деталей; дневной выпуск деталей. Совокупность параметров по всей номенклатуре деталей в данных динамических планах-графиках характеризует бизнес-процесс производства продукции на предприятии.

На основе характеристик динамического плана-графика выпуска деталей и норм расхода материалов на детали рассчитываются параметры динамических планов-графиков потребностей производства в материальных ресурсах на долгосрочный период. Данные в динамическом плане-графике по конкретному материалу определяют параметры частичного процесса обеспечения производства материалами: номера отрезков времени на горизонте планирования; длительность отрезков с одинаковой дневной потребностью в материалах; дневная потребность в материалах. Совокупность параметров по всей номенклатуре материалов в динамических планах-графиках характеризует бизнес-процесс обеспечения производства материальными ресурсами. Данные динамические планы-графики являются основанием для выстраивания информационных взаимодействий предприятия с внешними поставщиками.

На основе характеристик динамического плана-графика выпуска деталей и нормативной стоимости деталей определяются параметры динамических планов-графиков потребностей производства в трудовых ресурсах на долгосрочный период. Данные в динамическом плане-графике по виду работы определяют параметры частичного процесса обеспечения производства трудовыми ресурсами: номера отрезков времени на горизонте планирования; длительность отрезков с одинаковой дневной нормативной стоимостью деталей; дневная нормативная стоимость деталей. Совокупность параметров по всем видам работ в данных динамических планах-графиках характеризует бизнес-процесс обеспечения производства трудовыми ресурсами. Данные динамические планы-графики

являются основанием для стратегического управления персоналом предприятия.

На основе характеристик динамического плана-графика выпуска деталей и нормативных затратах труда на детали определяются параметры динамических планов-графиков потребностей производства в производственном оборудовании на долгосрочный период. Данные в динамическом плане-графике по группе оборудования определяют параметры частичного процесса обеспечения производства оборудованием: номера отрезков времени на горизонте планирования; длительность отрезков с одинаковыми дневными затратами труда; затраты труда на день. Совокупность параметров по всем группам оборудования в данных динамических планах-графиках характеризует процесс обеспечения производства техническими ресурсами на предприятии. Данные динамические планы-графики являются основанием для стратегического управления обновлением основных производственных фондов предприятия.

На основе характеристик динамического плана-графика выпуска деталей и нормативов опережений выпуска деталей (поставки материалов) рассчитываются параметры динамических планов-графиков производственных запасов на долгосрочный период. Данные в динамическом плане-графике производственных запасов по детали (материалу) одного наименования определяют параметры частичного производственного процесса на предприятии: номера отрезков времени на горизонте планирования; длительность отрезков с одинаковым дневным выпуском деталей (материалов); дневной запас по детали (материалу). Совокупность параметров по всей номенклатуре материалов и деталей в данных динамических планах-графиках характеризует процесс обеспечения предприятия оборотными средствами.

На основе характеристик динамического плана-графика выпуска деталей и нормативной стоимости деталей определяются параметры динамических планов-графиков производственных затрат на долгосрочный пе-

риод. Данные в динамичном плане-графике производственных затрат определяют следующие параметры: номера отрезков времени на горизонте планирования; длительность отрезков с одинаковыми дневными затратами; дневные затраты на выпуск деталей. Данные параметры характеризует бизнес-процесс создания добавленной стоимости на предприятии.

Таким образом, в операционном ядре цифрового двойника достигается информационное взаимодействие основных функциональных подсистем и, следовательно, участников процесса производства продукции на машиностроительном предприятии.

В операционном ядре цифрового двойника в полном объеме сосредоточены данные, позволяющие сформулировать стратегию, определить и обеспечить взаимосвязь целей и показателей деятельности структурных подразделений предприятия на долгосрочный, среднесрочный и краткосрочный период [16]. Для каждого периода по данным планам-графикам устанавливаются отсроченные и опережающие показатели. Отсроченные показатели отражают цели предприятия на заданный плановый период для достижения его стратегии. Опережающие показатели извещают о том, что необходимо делать в текущем периоде для выполнения

отсроченных показателей. Операционное ядро цифрового двойника является инструментом управления для достижения его стратегии, что обеспечивает ему свойство видения будущего предприятия.

Целостность цифрового двойника обеспечивается посредством полной интеграции в единой информационной среде объектов, процессов и функций управления. Очевидно, что полная интеграция может быть достигнута только при глубоком исследовании информационных потоков и информационных взаимодействий всех компонент. Комплексный подход к формированию схемы информационных взаимодействий объектов, процессов, функций и информационных потоков в системе управления промышленным предприятием описан в работе [17]. На основе данного подхода предлагается принципиальная схема информационных взаимодействий структурных подразделений машиностроительного предприятия в условиях цифровой трансформации, представленная на рис. 4 (ОК – отдел конструкторский, ОТ – отдел технологический, ОМ – отдел маркетинга, ОМТС – отдел материально-технического снабжения, ОПЭ – отдел планово-экономический, ОФ – отдел финансовый, ОС – отдел сбыта).

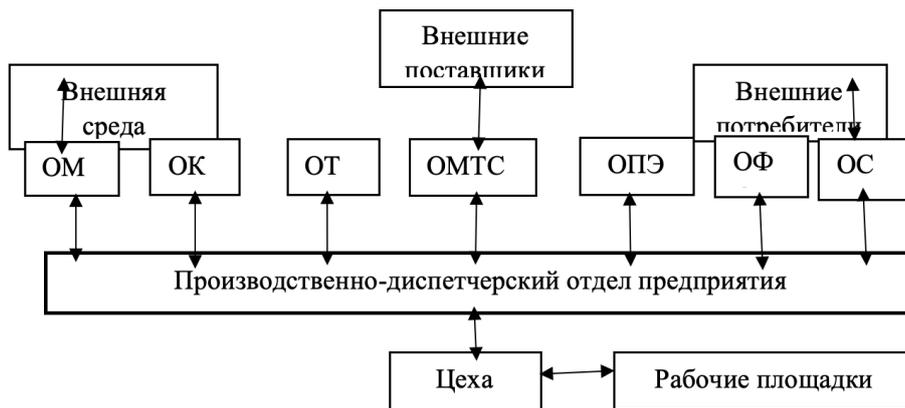


Рис. 4. Принципиальная схема информационных взаимодействий структурных подразделений машиностроительного предприятия в условиях цифровой трансформации

Fig. 4. Schematic diagram of information interactions of structural subdivisions of a machine-building enterprise under conditions of digital transformation

Основное содержание данной принципиальной схемы состоит в том, что цифровой двойник представляет собой централизованную виртуальную информационную среду, ведущая роль то в которой отводится производственно-диспетчерскому отделу. Это обусловлено тем, что в данном отделе:

- 1) аккумулируется вся информация о цепочке «проектирование – производство – эксплуатация», поступающая из различных отделов;
- 2) формируется производственная программа предприятия;
- 3) составляются подетальные планы цехам;
- 4) ведется контроль, анализ и регулирование производства;
- 5) рассчитываются производственные запасы;
- 6) определяются производственные затраты;
- 7) разрабатываются показатели деятельности цехов;
- 8) составляются потребности в материальных ресурсах;
- 9) осуществляется учет готовой продукции;
- 10) ведется учет поступления материалов на склады предприятия.

Из производственно-диспетчерского отдела в отделы и цеха передается информация, касающаяся их деятельности. На основе ее происходит управление производством и обеспечением его ресурсами. На рабочие площадки, где происходит собственно процесс производства, перелаются оперативные плановые задания. С рабочих площадок сообщается информация о результатах их деятельности.

Максимальная централизация информации в производственно-диспетчерском отделе предприятия является неотъемлемым условием обеспечения гибкости, целостности, точности и оперативности цифрового двойника на машиностроительном предприятии.

Результаты исследования

1. Разработаны теоретические и методологические основы создания единой цифровой модели (цифрового двойника) проектирования, производства и управления машиностроительным предприятием.

2. Предложено операционное ядро цифрового двойника, в котором интегрированы объекты, процессы и функции управления.

3. Исследование информационных потоков и информационных взаимодействий на машиностроительном предприятии показало, что в условиях цифровой трансформации информационная система управления должна быть централизованной.

4. Апробирование разработанной концепции и методологии в реальных заводских условиях на крупном машиностроительном заводе с разнотипным динамичным многономенклатурным производством показало соответствие свойств единой цифровой модели и моделируемого объекта.

Заключение

В итоге следует сказать, что применение технологии цифрового двойника:

- а) приводит к качественному изменению бизнес-процессов и бизнес-моделей деятельности машиностроительного предприятия и, как следствие, значительному экономическому эффекту от их реализации;
- б) развивает теоретические положения производственного менеджмента для объединения бизнес-архитектуры и ИТ-архитектуры в едином информационном пространстве.

Библиографический список

1. Гелисханов И.З., Юдина Т.Н., Бабкин А.В. Цифровые платформы в экономике: сущность, модели, тенденции развития // Научно-технические ведомости СПбПУ. Экономические науки. 2018. Т. 11, № 6. С. 22–36.
2. Осипов Ю.М., Юдина Т.Н., Гелисханов И.З. Цифровая платформа как институт эпохи технологического прорыва // Экономические стратегии. 2018. № 5. С. 22–29.

3. Акмаева Р. И., Афанасьева Н. В., Бабкин Н. В. Стратегическое управление устойчивым развитием экономики в новой реальности. СПбПУ, 2022. 752 с. ISBN 978-5-7422-7755-2.
4. Дергачева Е.А. Биотехнологические перспективы развития рыночной экономики // *Инновации*. 2020. №2. С. 22-31. DOI: 10.26310/2071-3010.2020.260.6.003.
5. Толстых Т.О., Гамидуллаева Л.А., Шкарупета Е.В. Ключевые факторы развития промышленных предприятий в условиях индустрии 4.0. // *Экономика в промышленности*. 2018. Том 11. № 1 С.11-19 DOI: 10.17073/2072-1633-2018-1-11-19.
6. ГОСТ Р 57700.37— 2021 Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий Общие положения. 2021 г.
7. Matt C., Hess T., Benlian A. Digital transformation strategies // *Business & Information Systems Engineering*. 2015. V. 57. N 5. P. 339–343. DOI: 10.1007/s12599-015-0401-5.
8. Hess T., Matt C., Wiesbock F. Options for Formulating a Digital Transformation Strategy // *MIS Quarterly Executive*. 2016. V. 15. N 2. URL: http://www.misqe.org/ojs2/execsummaries/MISQE_V15I2_Hessetal_Web.pdf (дата обращения: 20.05.2019).
9. Karapetyants I., Kostuhin Y., Tolstykh T., Shkarupeta E., Krasnikova A. Establishment of Research Competencies in the Context of Russian Digitalization // *Proceedings of the 30th International Business Information Management Association Conference (IBIMA)*. Madrid, 2017. URL: <http://ibima.org/acceptedpaper/establishment-research-competencies-context-russian-digitalization/> (дата обращения: 20.05.2019).
10. Абдрахманова Г. И., Быховский К. Б., Веселитская Н. Н. и др., Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты: докл. к XXII Апр. междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 13–30 апр. 2021 г. Москва. НИУ ВШЭ, 2021. 239 с. ISBN 978-5-7598-2510-4.
11. Роджерс Д.Л. Цифровая трансформация / пер. с англ. Москва. 2017. 344 с.
12. Коновалова Г.И. Цифровая трансформация требует универсальных решений в производственном менеджменте // *Менеджмент в России и за рубежом*, 2023.
13. Цифровой Двойник (Digital Twin of Organization, DTO). <https://www.tadviser.ru/index.php/> (дата обращения: 26.01.2021).
14. Коновалова Г.И. Развитие теории и методологии производственного менеджмента в условиях цифровой экономики: монография / Г.И. Коновалова. – Брянск: БГТУ, 2022. – 180 с.
15. Коновалова Г. И. Разработка новой методологии оперативного управления производством – ключевая стадия цифровой трансформации промышленного предприятия // *Менеджмент в России и за рубежом*. 2019. №6. С.71-76.
16. Клейнер Г.Б. От теории предприятия до теории стратегического менеджмента // *Российский журнал менеджмента*. 2003. № 1. С.31-56.
17. Коновалова Г. И., Методология разработки информационных взаимодействий в управлении цифровым производством // *Менеджмент в России и за рубежом*. 2021. №4 . С.45-53.

Поступила в редакцию – 13 декабря 2022 г.

Принята в печать – 02 февраля 2023 г.

1. Gelishanov I.Z., YUdina T.N., Babkin A.V. Cifrovie platformi v ekonomike: sush'nost, modeli, tendencii razvitiya // Nauchno-tehnicheskie vedomosti SPbPU. Eko-nomicheskie nauki. 2018. T. 11, № 6. S. 22–36.
2. Osipov YU.M., YUdina T.N., Gelishanov I.Z. Cifrovaya platforma kak institut epohi tehnologicheskogo proriva // Ekonomicheskie strategii. 2018. № 5. S. 22–29.
3. Akmaeva R. I., Afanaseva N. V., Babkin N. V. Strategicheskoe upravlenie ustoichivim razvitiem ekonomiki v novoi realnosti. SPbPU, 2022. 752 s. ISBN 978-5-7422-7755-2.
4. Dergacheva E.A. Biotehnologicheskie perspektivi razvitiya rinochnoi ekonomiki // Innovacii. 2020. №2. S. 22-31. DOI: 10.26310/2071-3010.2020.260.6.003.
5. Tolstih T.O., Gamidullaeva L.A., SHkarupeta E.V. Klyuchevie faktori razvitiya promishlennih predpriyatii v usloviyah industrii 4.0. // Ekonomika v promishlennosti. 2018. Tom 11. № 1 S.11-19 DOI: 10.17073/2072-1633-2018-1-11-19.
6. GOST R 57700.37— 2021 Kompyuternie modeli i modelirovanie. Cifrovie dvoyniki izdelii Obsh'ie polozheniya. 2021 g.
7. Matt C., Hess T., Benlian A. Digital transformation strategies // Business & Information Systems Engineering. 2015. V. 57. N 5. P. 339–343. DOI: 10.1007/s12599-015-0401-5.
8. Hess T., Matt C., Wiesbock F. Options for Formulating a Digital Transformation Strategy // MIS Quarterly Executive. 2016. V. 15. N 2. URL: http://www.misqe.org/ojs2/execsummaries/MISQE_V15I2_Hessetal_Web.pdf (data obrash'eniya: 20.05.2019).
9. Karapetyants I., Kostuhin Y., Tolstykh T., Shkarupeta E., Krasnikova A. Establishment of Research Competencies in the Context of Russian Digitalization // Proceedings of the 30th International Business Information Management Association Conference (IBIMA). Madrid, 2017. URL: <http://ibima.org/acceptedpaper/establishment-research-competencies-contextrussian-digitalization/> (data obrash'eniya: 20.05.2019).
10. Abdrahmanova G. I., Bihovskii K. B., Veselitskaya N. N. i dr., Cifrovaya transformaciya otraslei: startovie usloviya i prioritety: dokl. k XXII Apr. mezhdunar. nauch. konf. po problemam razvitiya ekonomiki i obsh'estva, Moskva, 13–30 apr. 2021 g. Moskva. NIU VSHE, 2021. 239 s. ISBN 978-5-7598-2510-4.
11. Rodzhers D.L. Cifrovaya transformaciya / per. s angl. Moskva. 2017. 344 s.
12. Konovalova G.I. Cifrovaya transformaciya trebuet universalnih reshenii v proizvodstvennom menedzhmente // Menedzhment v Rossii i za rubezhom», 2023. №. S.
13. [https://www.tadviser.ru/index.php/Statya:Cifrovoi Dvoynik \(Digital Twin of Organization, DTO\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Statya:Cifrovoi_Dvoynik_(Digital_Twin_of_Organization,_DTO)) (data obrash'eniya: 26.011.2021).
14. Konovalova G.I. Razvitie teorii i metodologii proizvodstvennogo menedzhmenta v usloviyah cifrovoi ekonomiki: monografiya / G.I. Konovalova. – Bryansk: BGTU, 2022. – 180 s.
15. Konovalova G. I. Razrabotka novoi metodologii operativnogo upravleniya proizvodstvom – klyuchevaya stadiya cifrovoi transformacii promishlennogo predpriya-tiya // Menedzhment v Rossii i za rubezhom. 2019. №6. S.71-76.
16. Kleiner G.B. Ot teorii predpriyatija do teorii strategicheskogo menedzhmenta // Rossiiskii zhurnal menedzhmenta. 2003. № 1. S.31-56.
17. Konovalova G. I., Metodologiya razrabotki informacionnih vzaimodeistvii v upravlenii cifrovim proizvodstvom // Menedzhment v Rossii i za rubezhom. 2021. №4 . S.45-53.

Received for publication - December 13, 2022.

Accepted for publication - February 02, 2023.