

Научная статья
УДК 338.3.01
DOI: 10.25683/VOLBI.2023.65.798

Pavel Gennadievich Gribov
Candidate of Economics, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Economic Security
of the Institute of Law and National Security,
Russian Academy of National Economy and Public Administration
under the President of the Russian Federation
Moscow, Russian Federation
gribov-pg223@ranepa.ru

Павел Геннадьевич Грибов
канд. экон. наук, доцент,
доцент кафедры экономической безопасности
Института права и национальной безопасности,
Российская академия народного хозяйства и государственной
службы при Президенте Российской Федерации
Москва, Российская Федерация
gribov-pg223@ranepa.ru

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОДСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ И НОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕВОЛЮЦИИ

5.2.3 — Региональная и отраслевая экономика (экономика промышленности)

Аннотация. Необходимость ускоренной реиндустриализации экономики, вызванная отказом ряда западных стран от сотрудничества с Россией в сфере промышленности, обусловила актуальность модернизации процессов проектирования новых предприятий для производства импортозамещающей продукции, новых товаров и изделий и в целом обеспечения технологической независимости страны. В условиях цифровой трансформации и начала освоения новаций четвертой промышленной революции организационное проектирование не может не учитывать те новые возможности, которые представляют технологии автоматизированного конструирования изделий, роботизации, цифровых двойников, киберфизических систем, промышленного интернета вещей и другие компоненты, отличающие построение основных подсистем современных промышленных предприятий, в число которых входят производственная и социальная подсистемы, а также подсистема управления. В статье рассмотрены современные технологии цифровизации и автоматизации, учет которых целесообразен при проектировании основных элементов производственной подсистемы промышленных предприятий,

указаны имеющиеся сложности и названы препятствия для их освоения. Представление в концентрированном и систематизированном виде сведений о новых возможностях, открываемых информационными технологиями при проектировании промышленных предприятий, позволяет специалистам в этой сфере и собственникам бизнеса разработать желаемый образ создаваемого предприятия в той конфигурации, которая соответствует актуальным тенденциям в технике и технологиях, а также имеет потенциал развития и совершенствования. Сравнение предложений зарубежных и отечественных разработчиков цифровых решений указывает также на проблемные места в разработке российского программного обеспечения и автоматизированного оборудования, которые необходимо компенсировать. Аналогичная систематизация должна быть выполнена и для других подсистем проектируемых предприятий.

Ключевые слова: реиндустриализация, проектирование предприятий, производственная подсистема, социальная подсистема, подсистема управления, цифровизация, «индустрия 4,0», автоматизация, санкции, импортозамещение, технологическая независимость

Для цитирования: Грибов П. Г. Систематизация современных технологий развития производственных подсистем в условиях цифровизации и новой промышленной революции // Бизнес. Образование. Право. 2023. № 4(65). С. 43—53. DOI: 10.25683/VOLBI.2023.65.798.

Original article

SYSTEMATIZATION OF MODERN TECHNOLOGIES FOR THE DEVELOPMENT OF PRODUCTION SUBSYSTEMS IN THE CONTEXT OF DIGITALIZATION AND THE NEW INDUSTRIAL REVOLUTION

5.2.3 — Regional and sectoral economy (industrial economy)

Abstract. The need for accelerated reindustrialization of the economy, caused by the refusal of a number of Western countries from cooperation with Russia in the field of industry, has led to the relevance of modernizing the design processes of new enterprises for the production of import-substituting products, new goods and products, and, in general, ensuring the technological independence of the country. In the context of digital transformation and the beginning of mastering the innovations of the fourth industrial revolution, organizational design cannot but take into account those new opportunities that represent technologies for automated product design, robotization, digital twins, cyberphysical systems,

the industrial Internet of Things, and other components that distinguish the construction of the main subsystems of modern industrial enterprises, which include production and social subsystems, as well as the management subsystem. The article considers modern technologies of digitalization and automation, the consideration of which is advisable when designing the main elements of the production subsystem of industrial enterprises; the existing difficulties are indicated and obstacles to their development are named. By presenting in a concentrated and systematic way information about the new opportunities offered by information technologies in the design of industrial enterprises, specialists and business

owners can develop the desired image of the enterprise created in a configuration that corresponds to current technology trends, as well as has the potential for development and improvement. Comparison of proposals by foreign and domestic developers of digital solutions also indicates the problem areas in the development of Russian software and automated equipment that need to be com-

pensated. Similar systematization should be performed for other subsystems of the designed enterprises.

Keywords: reindustrialization, enterprise design, production subsystem, social subsystem, management subsystem, digitalization, "industry 4.0," automation, sanctions, import substitution, technological independence

For citation: Gribov P. G. Systematization of modern technologies for the development of production subsystems in the context of digitalization and the new industrial revolution. *Biznes. Obrazovanie. Pravo = Business. Education. Law.* 2023;4(65):43—53. DOI: 10.25683/VOLBI.2023.65.798.

Введение

Актуальность исследования продиктована возрастающей потребностью в проектировании новых предприятий и производств, призванных возместить объемы промышленной продукции, выбывающие вследствие ухода с российского рынка компаний недружественных промышленно развитых стран, ставшего реакцией на проведение специальной военной операции на территории Украины.

Целесообразность разработки темы связана с глобальными изменениями, происходящими в организации производства, труда и управления на фоне развития цифровых технологий, автоматизации процессов разработки и выпуска промышленной продукции, учет которых необходим при проектировании новых предприятий и производств.

Целью данной работы является систематизация современных технологий построения и развития производственных подсистем в условиях цифровизации и новой промышленной революции для проектирования их применения на создаваемых предприятиях, ориентированных на импортозамещение и обеспечение технологической независимости России.

Изученность проблемы. Многообразие цифровых технологий и решений в области автоматизации производственной деятельности широко освещено в специальной литературе. Среди авторитетных исследователей данной проблематики можно выделить А. Н. Прохорова, М. Н. Лысачева, С. Б. Соломенцеву, А. Ю. Хайченко и Е. А. Смирнову. Между тем вопросы выбора устраивающей собственника вновь создаваемого бизнеса конфигурации подобных новаций на стадии проектирования предприятий исследователями раскрыты недостаточно. Некоторые полезные идеи по этим вопросам можно почерпнуть в трудах Н. М. Муртахановой, Е. М. Шевлякова и Н. В. Александрова, а также Р. Дафта, Дж. Мерфи и Х. Уилмотта.

Новизна работы состоит в систематизации современных цифровых технологий, применяемых в организации производственной деятельности по элементам производственной подсистемы предприятия.

Теоретическая значимость работы заключается в представлении систематизированной информации для принятия решений в отношении выбора устраивающих собственника создаваемого бизнеса цифровых технологий для их отражения в проектной документации на стадии проектирования.

Практическая значимость работы состоит в демонстрации многообразия полезных цифровых решений, оптимизирующих различные производственные функции, и возможности выбора на основании материалов исследования оптимальной конфигурации необходимых программных продуктов и цифровых технологий.

Основная часть

Многообразие возможностей, предоставляемых новыми производственными, организационными и социальными

технологиями, возникающими в условиях цифровизации и реализации элементов концепции «Индустрии 4.0», требует систематизации для определения места каждой из них в работе по формированию производственных подсистем современных предприятий.

Состав производственной подсистемы определяется в соответствии с логикой развития производственного процесса и включает в себя элементы, обеспечивающие решение следующих задач: исследования рынка (маркетинг, постановка задач для разработки новой продукции); конструкторско-технологической подготовки производства (далее — КТПП; НИОКР, конструкторская и технологическая подготовка); материально-технического обеспечения (взаимодействие с поставщиками, контроль и приемка материалов, комплектующих, оборудования); организации основных производственных процессов; организации вспомогательных производств и хозяйств; организации внутрипроизводственных материальных, финансовых и информационных потоков; организации трудовых процессов и рабочих мест; обеспечения качества процессов и продукции; сбыта продукции [1, с. 93].

Изложение рекомендаций выполним по схеме: область применения при проектировании производственной подсистемы → наименование технологии → ее краткое содержание → имеющиеся сложности и препятствия для внедрения.

1. При проектировании блока вопросов, связанных с организацией маркетинга, следует обратить внимание на новые возможности, которые предоставляют следующие цифровые технологии.

1.1. Внедрение системы управления взаимоотношениями с клиентами (англ. *Customer Relationship Management, CRM*) — организация работы служб маркетинга с применением специального программного обеспечения, предоставляющего возможность ведения баз данных клиентов (потребителей и поставщиков) с учетом разнообразных состоявшихся и будущих контактов с ними, а также фиксирующего содержание и особенности заключенных сделок. Среди известных на российском рынке отечественных систем: *Bitrix24*, разработанная компанией «Битрикс»; *A2B* и «Мегаплан» — разработка одноименных компаний; «Простой Бизнес» — разработка компании «1Т». Несмотря на то, что каких-либо препятствий для внедрения указанных систем не существует, в 2021 г. их применяли лишь 17 % российских организаций предпринимательского сектора [2, с. 216].

1.2. Проведение анализа больших массивов данных с использованием продвинутых алгоритмов (технологии *big data*) — применение специальных технологий обработки больших массивов разрозненной информации для анализа и прогнозирования поведения клиентов, а также способов организации взаимоотношений с ними (предиктивная аналитика, имитационное моделирование, нейросети и машинное обучение). При проектировании необходимо

предусматривать соответствующее ресурсное обеспечение (аппаратное, программное, методическое и кадровое) для применения этой технологии. Основные препятствия к внедрению указанной системы заключены в новизне и относительной сложности подобного инструмента, необходимости располагать соответствующей инфраструктурой и квалифицированным персоналом. С этим, очевидно, связано пока ограниченное использование технологий больших данных в организациях — 8,4 % от общего их числа [2, с. 227].

1.3. Технология организации многоуровневого взаимодействия с клиентом, персонализации по клиентскому профилю — предполагает применение способов и приемов, направленных на кастомизацию отношений с клиентами по различным аспектам их предпочтений, характеру взаимодействия, вариантам доставки персонализированной информации, использованию различных каналов воздействия на потребительский спрос с применением средств интернет. Интернет-маркетинг — это использование интернет-технологий для продвижения продукции и услуг. Он может включать в себя различные инструменты, такие как контент-маркетинг, поисковая оптимизация, контекстная реклама, социальные сети и электронная коммерция. Мобильные приложения — программные приложения, которые устанавливаются на мобильные устройства, — могут использоваться для прямой коммуникации с клиентами, предоставления информации о продуктах и услугах, а также для проведения маркетинговых акций.

Способы организации подобного взаимодействия должны предусматриваться в ходе проектирования блока маркетинга исходя из текущих и потенциальных возможностей инициатора создания предприятия, а также характера выпускаемой продукции (услуг). Сложности в освоении данного инструмента заключаются в наличии широкого спектра возможностей в данном направлении, выбор оптимального набора из которых представляет собой особую творческую задачу.

2. При проектировании блока вопросов, связанных с выполнением исследований и разработок, а также конструкторско-технологической подготовки производства новые возможности предоставляют следующие технологии.

2.1. Системы автоматизированного конструирования (проектирования; САПР) изделий (англ. *Computer Aided Design, CAD*) — приходят на замену ручному проектированию конструкций изделий и базируются на специальном программном обеспечении,кратно повышающем производительность труда проектировщиков. Позволяют проводить как двух-, так и трехмерное проектирование. Наиболее известные программные продукты из данной области: *AutoCAD, BricsCAD, «КОМПАС-График», «КОМПАС-3D», nanoCAD, T-FLEX CAD, Autodesk Inventor, SolidWorks* и др. При проектировании производственной подсистемы задача приобретения аппаратного оснащения и программного обеспечения САПР в настоящее время может столкнуться с проблемой ухода ряда его зарубежных разработчиков с российского рынка. Однако, как представляется, потенциала отечественных компаний-разработчиков (*Top Systems* и «Аскон») достаточно для импортозамещения в этой области. Сложность с освоением данной системы заключается также в необходимости перестройки всей системы КТПП на новых принципах, в основе которых лежит формирование в электронном виде и постоянная поддержка базы данных нормалей, деталей, комплектующих и конечных изделий, разрабатываемых и выпускаемых предприятием.

2.2. На базе геометрических моделей, получаемых из систем *CAD*, с помощью систем автоматизированной подготовки производства (англ. *Computer Aided Manufacturing, CAM*) на современных предприятиях выполняется подготовка информации для обработки деталей на станках с числовым программным управлением. Наиболее известные программные продукты из этой области: *PowerMILL, SolidWorks, Mastercam, Autodesk, ArtCAM* и др. При проектировании производственной подсистемы планирование приобретения компонентов данной группы систем также необходимо с целью полноты автоматизации КТПП. Главная проблема в освоении *CAM*-систем заключается в иностранном происхождении поставщиков программного обеспечения, хотя есть и несколько предложений отечественных разработчиков: «СПРУТ-Технология», *CAM*-систем «Техтран» (НИИ-Информатика), «ГеММа 3D» и *ADEM*.

2.3. Вопросы, связанные с проектированием маршрутной и операционной технологии (технического плана производства) в современных условиях автоматизации КТПП, решаются с применением систем автоматизированного проектирования технологических процессов и оформления технологической документации (англ. *Computer Aided Process Planning, CAPP*; российский аналог термина — автоматизированное проектирование технологической подготовки производства, АС ТПП). *CAPP* включают в себя базы данных по материалам и комплектующим, применяемым на предприятии, нормалям — документам, предписывающим применение соответствующих металлопрофилей, размеров штампов и способов обработки, каталогам прокатных профилей, оборудованию, технологическому оснащению и пр. Эти системы включают в себя ряд модулей, позволяющих выполнять расчеты и нормировать технологические режимы обработки материалов. Основные российские программные продукты данного типа: *ADEM CAPP* от компании *ADEM* и «Вертикаль» от компании «Аскон». Проектирование КТПП в современных условиях невозможно без использования АС ТПП.

2.4. Еще одной относительно новой, но пока мало востребованной в отечественной практике технологией цифровизации, применяемой при организации КТПП, являются системы автоматизированного инженерного анализа (англ. *Computer Aided Engineering, CAE*), предназначенные для моделирования поведения сложных промышленных изделий в реальных условиях эксплуатации на основе выполнения инженерных расчетов. Основные зарубежные разработчики *CAE* — *Ansys, MSC Software, Dassault Systemes, CD-adapco Group* и *LMS International*. Среди российских можно назвать такие программные продукты, как *LVMFlow, QForm, APM WinMachine, Fidesys, FlowVision* и др. Наиболее распространены *CAE*-системы в автомобиле- и самолетостроении, электротехнике и электронике, тяжелом машиностроении и отраслях оборонной промышленности, где натурные испытания носят весьма затратный характер. Особенность рассматриваемых систем с позиции имеющихся проблем их применения состоит в высокой специализации того или иного программного продукта (моделирование технологических процессов обработки металлов давлением, обеспечение надежности и качества радиоэлектронной аппаратуры, динамический анализ многокомпонентных механических систем и др.), что в условиях санкционных ограничений и невысокого объема российского предложения не позволяет полноценно использовать заложенные в них возможности. По состоянию на 2021 г.

CAD/CAE/CAM/CAPP-технологии применяли, в зависимости от отрасли, от 8 до 28,9 % организаций промышленности [2, с. 214].

2.5. Интегрирует рассмотренные цифровые технологии категория «цифрового двойника» (англ. *Digital Twin, DT*) — цифровой копии физического объекта или процесса, помогающая оптимизировать эффективность бизнеса. Данная технология предполагает отказ от иных форм проектирования и дальнейшего прохождения документации по стадиям жизненного цикла изделия, кроме электронной. А. Н. Прохоров и М. Н. Лысачев отмечают: «Использование цифровых моделей производственными компаниями для выпуска новых изделий известно с 60-х гг. XX в. Но до определенного времени после создания изделия виртуальную модель отправляли в архив. В концепции цифрового двойника вир-

туальная модель не отбрасывается после создания материального объекта, а используется в связке с ним на протяжении всего его жизненного цикла: на этапе тестирования, доработки, эксплуатации и утилизации. Важно отметить, что связь между физическим и цифровым двойником продолжается и после создания физического объекта, что позволяет отслеживать характеристики и историю обслуживания каждого изделия (физического двойника), а также выявлять и сообщать об аномальном его поведении и рекомендовать/планировать техническое обслуживание» [3, с. 15—16]. Переход на полностью цифровое моделирование требует полного реформатирования как КТПП, так и производственного процесса в целом, что представляет собой весьма затратную задачу. Между тем в силу своих преимуществ подобный подход уже реализуется в различных областях деятельности (рис. 1).



Рис. 1. Сферы применения технологии «цифрового двойника» [4]

На высокотехнологичных предприятиях ОПК цифровые двойники разрабатываются при создании радиолокационных станций дальнего обнаружения [5], виртуального полигона для оценки функционирования специальных изделий в различных климатических условиях [6], авиационных двигателей, вертолетов, кораблей и иных изделий. В целом по промышленности в 2021 г. технология цифрового двойника в зависимости от отрасли использовалась на 1,6—3,8 % предприятий [2, с. 222].

2.6. Широкое распространение в КТПП получили тесно связанные с технологией цифрового двойника 3D-моделирование и визуализация. Как отмечает С. Б. Соломенцева, «3D-моделирование можно определить, как процесс создания трехмерного компьютерного визуального представления реального объекта, с использованием специализированного программного обеспечения. Специалисты, связанные с художественным творчеством, воспринимают 3D-моделирование как своего рода рисование, но с гораздо большей сложностью, детализацией и возможностью интерактивного взаимодействия с созданными объектами на экране компьютера, которые можно вращать, переворачивать, взрывать или манипулировать другими различными способами» [7, с. 4]. Помимо создания самой электронной модели возможности, предоставляемые аддитивными технологиями (3D-печать), позволяют выполнить модель

в физическом выражении и даже реализовать ее в качестве конечного изделия для потребителя. Среди программных продуктов для пространственного моделирования можно назвать такие, как *3D Slash, Clara.io, DesignSpark, Mudbox, ZBrush* и др. Так же как и с иными ранее рассмотренными программными продуктами, проблема 3D-моделирования заключается в уходе большинства их разработчиков с российского рынка. Это же касается и оборудования для физического воплощения объемных моделей. Наибольшее распространение в 2021 г. аддитивные технологии получили в обрабатывающей промышленности — 5,7 %, наименьшее — в добыче полезных ископаемых — 0,9 % [2, с. 222].

2.7. Полезными в работе по данному блоку производственной подсистемы могут оказаться автоматизированные системы управления проектами (англ. *Project Management Systems, PMS*) — программные продукты, которые помогают планировать, организовывать и контролировать выполнение проектов. Системы управления проектами могут использоваться для управления разработкой новых продуктов и обеспечения их своевременного запуска в производство. Современные системы управления проектами обладают многими инновационными функциями и применяют передовые технологии для решения задач, для которых они предназначены. Рассмотрим несколько из известных систем этой группы.

Asana — это система управления проектами, которая обеспечивает возможности организации задач, управления проектами, коммуникации и отслеживания выполнения работ. Она позволяет легко создавать задачи и проекты, назначать ответственных и устанавливать сроки. В *Asana* есть также функция комментирования задач, вложений и оповещений для обновлений задач. *Trello* — это система управления проектами, основанная на концепции досок, содержащих списки задач, которые можно перемещать между колонками. *Trello* обладает такими функциями, как назначение задач, приоритеты, комментирование и оповещения. Она также имеет функцию добавления вложений и меток для улучшения организации и управления задачами. Система *Jira* наиболее часто используется разработчиками программного обеспечения. *Jira* обладает возможностью для создания задач, назначения владельцев процессов, установления приоритетов и управления сроками. Она также имеет функцию управления ресурсами, отчетности и анализа. Система *Basecamp* специализируется на управлении коммуникацией. Она обладает функциями для создания задач, установления сроков, назначения ответственных и отправки оповещений. *Basecamp* также имеет функцию обмена сообщениями, чатов и форумов для облегчения коммуникации.

3. При проектировании блока вопросов, связанных с организацией основной производственной деятельности, круг

современных цифровых решений наиболее широк. Новые возможности предоставляют следующие технологии.

3.1. Управление производственными данными об изделии (англ. *Product Data Management, PDM*). Назначение *PDM*-систем заключается в создании совокупности документов, позволяющих контролировать процесс разработки, изготовления, эксплуатации и последующей утилизации изделий, т. е. весь их жизненный цикл. В составе *PDM*-систем: архив чертежей, технологических карт и иных технических документов в электронном виде; программное обеспечение, позволяющее взаимодействовать разработчикам, производителям и эксплуатационникам на различных этапах жизненного цикла изделия. С их помощью автоматизируется работа по внесению изменений в конструкцию, а данные об изделии приводятся к международным стандартам серии *ISO 9000*. *PDM*-система реализуется за счет объединения нескольких цифровых технологий: управления инженерными данными (англ. *Engineering Data Management, EDM*), управления информацией об изделии (англ. *Product Information Management, PIM*), управления техническими данными (англ. *Technical Data Management, TDM*), управления технической информацией (англ. *Technical Information Management, TIM*). Возможности *PDM*-систем на примере отечественной системы «1С: PDM Управление инженерными данными 4 (PLM)» раскрыты на рис. 2.



Рис. 2. Возможности *PDM*-систем [8]

Наиболее популярными в данной области являются решения, предоставляемые компаниями *Siemens PLM Software — NX*, а также *TM Dassault Systemes* и *IBM — CATIA*. Отечественные аналоги представляют компании «Аскон» — система «Людман: *PLM*», «Люция Софт» — система *Lotsia PDM PLUS (PartY PLUS)* и НИЦ *CALS*-технологий «Прикладная логистика» — система *PDM STEP Suite (PSS)*. Проблемные вопросы, связанные с освоением данного класса технологий, локализованы также в высокой степени ориентации на зарубежные инструменты и решения. Кроме этого, освоение *PDM*-систем требует квалификации персонала и масштаб-

ных изменений в организации всей производственной деятельности БОЭС в соответствии с требованиями, закладываемыми при проектировании этих систем.

3.2. Еще более совершенная цифровая технология — системы управления жизненным циклом продукта (англ. *Product Lifecycle Management, PLM*) — представляет собой уже «методологию, совокупность информации о продукте и процессов по управлению данными об изделии на протяжении его жизненного цикла. При этом, построение *PLM*-модели на предприятии возможно, как с помощью единой информационной системы, так и при совместном

использовании локальных систем различного класса. Однако в обоих случаях на предприятии должен быть реализован блок *PDM*, который может быть встроен как в единую информационную систему в качестве одной из ее функциональных подсистем, так и быть внедренным в качестве самостоятельной системы, интегрируемой с системами класса *ERP*, *MES*, *CRM* и т. д.» [9, с. 9].

По оценкам специалистов российской ГК *Oxtron*, в результате применения систем управления жизненным циклом изделий: «вдвое уменьшается время, необходимое на проектирование; бюджет проектов сокращается на 15—30 %; планирование ускоряется на 60 %; стоимость информации уменьшается на 20—60 %; количество ошибок при передаче данных снижается в 10 раз; стоимость технической документации и время на ее изменение уменьшаются на 30 %» [10]. Между тем распространение этих систем в России крайне незначительно. В 2021 г. их применяли только 3,5 % организаций [2, с. 211].

3.3. Промышленный интернет вещей (англ. *Industrial Internet of Things, IIoT*) — это система, предоставляющая возможность объединять различные технические устройства, оснащенные специальными датчиками, в сеть и управлять их совместной деятельностью с использованием программного обеспечения, приложений для мобильных устройств или технические устройства. *IIoT*-устройства функционируют без вмешательства человека, но при условии их предварительной настройки и предоставления доступа к данным. Они работают в режиме реального времени и включают в себя сеть «умных устройств» и облачной платформы, к которой они подключены с помощью *WiFi*, *Bluetooth* или других видов связи. Общепринято следующее определение данной технологии: интернет вещей — это «динамическая глобальная сетевая инфраструктура с самостоятельной настройкой возможностей на основе стандартных и совместимых протоколов связи, где физические и виртуальные “вещи” имеют идентификаторы, физические атрибуты и виртуальные персоналии, используют интеллектуальные интерфейсы и легко интегрируются в информационную сеть» [11, с. 26].

Данная технология, как и иные из рассматриваемых в статье, существенно дополняет и расширяет возможности иных прогрессивных систем и решений. В частности, «интегрирование технологии цифровых двойников с интернетом вещей, — пишет Д. Хитрых, — позволяет получать данные, необходимые для понимания того, как физический близнец (например, производственная сборочная линия, сеть автономных транспортных средств) ведет себя и работает в условиях эксплуатации. Кроме того, совместное применение интернета вещей и цифровых двойников поможет оптимизировать профилактическое обслуживание для совершенствования физического объекта и бизнес-процессов. Действуя как мост между физическим и виртуальным миром, интернет вещей может передавать данные о производительности, обслуживании и работоспособности от физического близнеца к цифровому. Объединение аналитики реальных данных с прогнозным моделированием может улучшить способность принимать обоснованные решения, которые потенциально могут привести к созданию более эффективных систем, разработке оптимизированных производственных операций и новых бизнес-моделей. Кроме того, Интернет вещей обеспечивает гибкость, столь необходимую, когда речь идет о мобильности системы, ее расположении и вариантах монетизации. Подобная гибкость

способствует созданию новых вариантов бизнеса, таких, например, как продажа возможностей (то есть продукта как услуги). Например, *Caterpillar* продает возможность перемещать породу / сыпучие материалы (то есть услугу) в противовес простой продаже оборудования (то есть продукта)» [12]. Еще одна область применения промышленного интернета вещей — дистанционный мониторинг работы оборудования в пространственно-разнесенных предприятиях.

Применение технологии *IIoT* не имеет противопоказаний и не вызывает особых сложностей, за исключением того, что сами по себе датчики и индикаторы функционирования технических систем бесполезны в случае отсутствия платформы, интегрирующей и управляющей работой этих систем. В свою очередь, внедрение подобных платформ (*MES*, *ERP*, *DT* и др.) требует существенных вложений, переобучения персонала и перестройки бизнес-процессов на предприятии. «Кроме того, на рынке наблюдается нехватка квалифицированных кадров — в отличие от аналитики больших данных или решений искусственного интеллекта, тут нужны люди, которые разбирались бы и в “железе”, и в программном обеспечении. От кадрового дефицита страдают не только заказчики, но и интеграторы, которым зачастую приходится тратить много усилий, чтобы сделать то, что хочет клиент» [13], — считает директор по развитию бизнеса компании «Тингеникс» И. Близиуков. В 2021 г. технологию интернета вещей применяли от 14,8 до 17,6 % организаций промышленности [2, с. 220].

3.4. Промышленный интернет вещей составляет прообраз тесно связанной с ним технологии применения киберфизических систем (англ. *Cyber-Physical System, CPS*) — совокупности естественных объектов, искусственных систем и управляющих контроллеров (устройство управления в электронике и вычислительной технике), позволяющих объединить такое образование в единое целое. Подобные системы возникают на стыке интернета людей, вещей и сервисов (рис. 3).

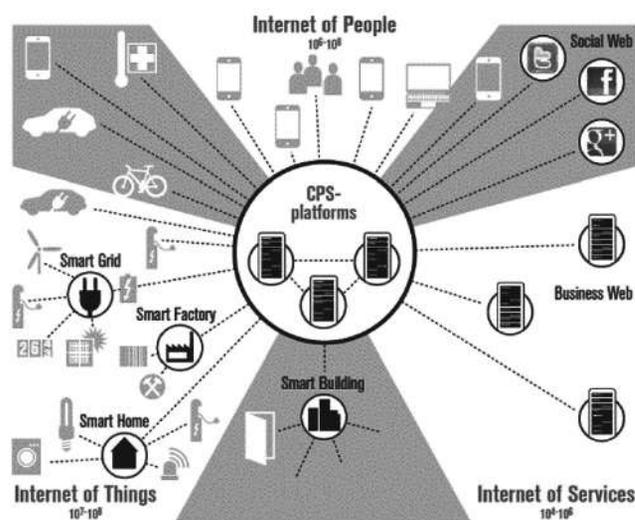


Рис. 3. Многообразие элементов киберфизических систем [14]

Как отмечают специалисты ООО «НПО Уран» — компании, специализированной в области систем данного рода и промышленной безопасности, «в производственной среде киберфизические системы могут улучшить производственные процессы, обеспечивая обмен информацией реального времени между промышленным оборудованием, производственной цепочкой поставок, поставщиками, система-

ми управления бизнесом и клиентами. Кроме того, киберфизические системы способны повышать эффективность этих процессов благодаря автоматическому мониторингу и контролю всего производственного процесса и адаптации производства для удовлетворения предпочтений клиентов. Киберфизические системы повышают прозрачность и управляемость цепочек поставок, улучшая отслеживаемость и безопасность товаров» [15].

3.5. Одной из новаций «Индустрии 4.0» является массовое применение робототехники в различных отраслях промышленности. Известно, что в общем случае под роботом понимается независимо функционирующая универсальная автоматическая машина, предназначенная для воспроизведения физических, двигательных и умственных функций человека, способная к адаптации и обучению в процессе их выполнения.

С точки зрения истории развития различаются три поколения промышленных роботов. Первое — програм-

мируемые роботы — действуют по заранее заданной программе и не взаимодействуют с внешней средой. Второе — адаптивные роботы — взаимодействуют с внешней средой посредством использования сенсоров. Третье, современное поколение — гибко программируемые (самообучаемые) промышленные роботы, которые обладают элементами искусственного интеллекта¹, развитой сенсорной системой, а также совершенным алгоритмическим и программным обеспечением, что в совокупности позволяет им функционировать, подстраиваясь под изменения внешней среды. Относительно недавно возникла новая категория роботов — коботы (англ. *Collaborative Robot*). В основе концепции их разработки — создание безопасных для взаимодействия с человеком роботов, которые могли бы работать с людьми в интерактивном режиме, дополняя и где нужно заменяя человека. В табл. 1 показаны различия этих понятий.

Таблица 1

Основные отличия коботов от роботов [16]

Отличие	Комментарий
Партнерство в команде человек — машина	Коботы были специально разработаны для совместной работы с человеком. Их не огораживают, позволяя осуществлять ручную сборку и контроль качества изделия на месте
Предотвращение опасных ситуаций	Коботы выполняют задачи, которые могут стать травмоопасными. Такое перераспределение работ приводит к уменьшению числа аварий и нежелательных последствий
«Умное» и безопасное поведение	Коботы останавливаются при малейшем прикосновении к человеку. Они оснащены специальными датчиками, предотвращающими несчастные случаи. Ограждения становятся не нужны
Гибкость и обучаемость	Коботы просты в программировании и перепрограммировании. Некоторые коботы даже обладают навыками самообучения
Мобильность и экономия энергии	Коботы обладают меньшим весом, чем промышленные роботы. Их легко перемещать и устанавливать на любых поверхностях и в разных точках производственной цепи. Их можно установить даже на потолке. Они потребляют мало энергии
Ценовые преимущества	Сравнительно малая стоимость по сравнению с промышленными роботами
Экономичность	Малая скорость и меньшая мощность по сравнению с промышленными роботами

Промышленные роботы создают возможность для глубокой автоматизации и, в пределе, организации безлюдного производства. Поэтому на этапе проектирования производственной подсистемы решение вопроса о применении робототехники составляет основу для последующих шагов по проекту.

Основные трудности в использовании возможностей робототехники создает то обстоятельство, что их ключевые разработчики-изготовители размещены в странах, признанных сегодня недружественными. Ведущие производители роботов: *FANUC*, *KAWASAKI*, *PANASONIC* (Япония); *KUKA (Keller und Knappich Augsburg)*, *BOSH* (Германия); *ABB (Asea Brown Boveri Ltd.)*; Швеция, Швейцария); *MOTOMAN (YASKAWA)*; Япония, США); *KC ROBOTICS, Inc*, *TRITON MANUFACTURING*, *KAMAN CORPORATION* (США) и др. Справедливости ради следует отметить, что и российские компании постепенно выходят на рынок пока несложных роботов и коботов. Среди них: «Рекорд-Инжиниринг», «НПО «Андроидная техника»», *Bitrobotics*, *Aripix Robotics*, «Авангард ПЛАСТ», «АРКОДИМ-Про», «Эйдос-Робототехника» и др. В 2021 г. промышленные роботы и автоматизированные линии применялись, в зависимости от вида деятельности, 2,1—19,0 % организаций промышленности [2, с. 221].

4. При проектировании логистической функции производственной подсистемы актуальными являются следующие цифровые решения.

4.1. Управление цепочками поставок (англ. *Supply Chain Management, SCM*) — технология автоматизации и управления этапами снабжения предприятия и контроля товародвижения. Система *SCM* охватывает весь цикл закупки сырья, производства и распространения товара, объединяя в единый процесс взаимодействия поставщиков, производителей и потребителей. Выстраивание каналов коммуникации между ними включает в себя анализ спроса и предложения на рынке и формулировку заказа производству, оперативную обработку заказов, планирование и организацию сбалансированных поставок, построение долгосрочных взаимоотношений с партнерами. Применение *SCM* трансформирует традиционные цепочки поставок (рис. 4) и, как следствие, обеспечивает уменьшение стоимости и времени обработки заказа на 20—40 %, сокращение закупочных издержек на 5—15 %, сокращение времени выхода на рынок на 15—30 %, уменьшение складских запасов на 20—40 %, сокращение производственных затрат на 5—15 %, увеличение прибыли на 5—15 % [18].

Крупнейшими разработчиками и поставщиком программного обеспечения для *SCM* являются германская компания *SAP*, а также *SAS Institute* и *Oracle* (США), в 2022 г. ушедшие с российского рынка. Несмотря на то, что в России достаточно собственных разработчиков данной тематики — *GoodsForecast*, «Астор», «Бизнес автоматика», «Инжэ-

¹ Искусственный интеллект — свойство интеллектуальных технологических систем выполнять творческие функции, которые традиционно считались прерогативой человека.

ниус Тим» и др., — по оценкам специалистов, полностью заместить вы бытие зарубежного программного обеспечения в области *SCM* затруднительно.

Как показывает практика, барьеры на пути внедрения *SCM*-систем можно разделить на организационные, технологические и эксплуатационные, и систематизировать, как это представлено в табл. 2. Преодоление перечислен-

ных в табл. 2 препятствий требует тщательного планирования, эффективной коммуникации и приверженности постоянно совершенствованию. Устраняя эти барьеры, предприятия могут успешно внедрить *SCM* и получить значительные преимущества, включая повышение эффективности, снижение затрат и повышение удовлетворенности клиентов.

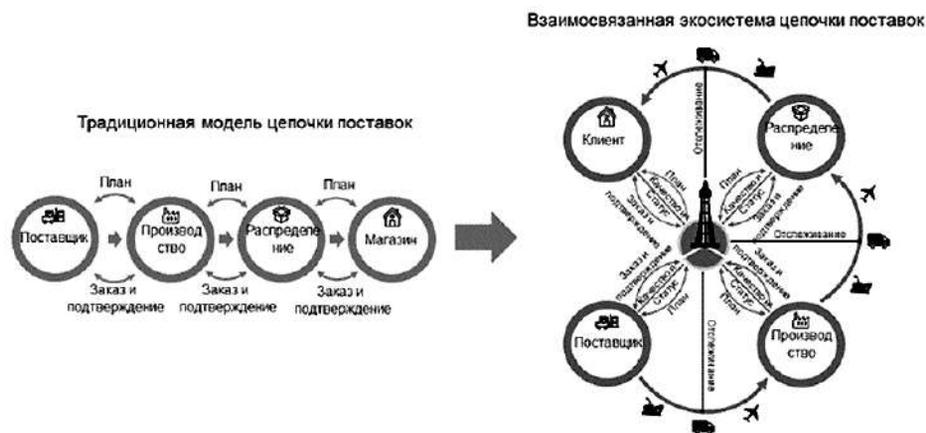


Рис. 4. Трансформация цепочки поставок с применением *SCM* [17]

Таблица 2

Препятствия для внедрения *SCM*-систем (составлена автором)

Препятствие	Содержание препятствия
1. Организационная культура	Организационная культура предприятия может существенно повлиять на внедрение. Противодействие переменам, отсутствие сотрудничества между подразделениями и изолированный подход к принятию решений могут помешать эффективному осуществлению <i>SCM</i>
2. Отсутствие поддержки со стороны высшего руководства	Без поддержки со стороны высшего руководства может быть сложно получить ресурсы, поддержку и содействие, необходимые для успешного внедрения <i>SCM</i>
3. Недостаточная коммуникация и сотрудничество	Эффективная коммуникация и сотрудничество между департаментами, функциональными подразделениями и стейкхолдерами имеют решающее значение для успеха <i>SCM</i> . Отсутствие связи и сотрудничества может привести к задержкам, ошибкам и неэффективным решениям
4. Ограниченность ресурсов	Реализация <i>SCM</i> требует ресурсов, включая время, деньги и персонал. Ограниченность ресурсов может препятствовать эффективному внедрению <i>SCM</i>
5. Технологические барьеры	Внедрение <i>SCM</i> часто предполагает использование технологий, включая программное обеспечение, аппаратные средства и системы. Технологические барьеры могут составить отсутствие соответствующей технологии, несовместимые системы и устаревшее оборудование
6. Управление данными	Эффективный <i>SCM</i> требует точного и своевременного управления данными. Низкое качество данных, отсутствие их интеграции и несогласованность могут помешать внедрению <i>SCM</i>
7. Отсутствие подготовки и образования	Для эффективного внедрения <i>SCM</i> требуется квалифицированный персонал, обладающий опытом в различных областях, включая закупки, логистику и управление запасами. Отсутствие соответствующего уровня подготовки и образования может препятствовать внедрению

Примечание: следует заметить, что перечисленные в таблице препятствия в той или иной мере характерны и при внедрении рассматриваемых в статье автоматизированных систем.

4.2. Система интегрированной логистической поддержки (англ. *Integrated Logistic Support, ILS*) — еще одна из цифровых платформ — представляет собой комплекс управленческих процессов и процедур, имеющих целью оптимизацию затрат («стоимости владения») на постпроизводственных стадиях жизненного цикла сложных наукоемких изделий. Основные процедуры *ILS* включают в себя «логистический анализ изделия на всех стадиях жизненного цикла; планирование процессов технического обслуживания и ремонта изделия; планирование процедур поддержки материально-технического обеспечения процессов эксплуатации, обслуживания и ремонта изделия; обеспечение персонала электронной эксплуатационной документацией и электронной ремонтной документацией на изделие» [19], см. рис. 5.

Учитывая достаточно большой опыт эксплуатации подобных систем в России, дефицита в программном обеспечении *ILS* отечественного авторства не ощущается. В частности, в 2021 г. в Реестр отечественного программного обеспечения внесена разработка ФГУП «Российский федеральный ядерный центр — ВНИИ экспериментальной физики» (г. Саров) — Программный модуль «Система интегрированной логистической поддержки» комплекса программ в защищенном исполнении «Система полного жизненного цикла изделий “Цифровое предприятие”», позволяющая без ограничений использовать данную систему на высокотехнологичных оборонных предприятиях.

4.3. Особую роль в организации логистической функции играет освоение технологии автономного (беспилотного)

транспорта, уже получающей свое практическое воплощение. Например, «между Москвой и Санкт-Петербургом к 2024 г. планируется создание логистического коридора для полностью автономных грузовиков... учитывая действующие нормативно-правовые нормы, такой коридор будет реализован в рамках одной выделенной полосы трассы М-11 «Нева» в целях исключения пересечения таких машин с автомобилями, управляемыми водителями» [20, с. 167]. Оператором перевозок будет дочернее предприятие ПАО «КАМАЗ» — ООО «Инновационный центр «КАМАЗ»». Беспилотный внутривозовской транспорт уже используется и имеет хорошие перспективы для автоматизации складского хозяйства, перемещения массивных дета-

лей между рабочими местами для последовательной обработки, транспортировки грузов по заранее проложенным маршрутам между производственными подразделениями предприятия. В пространственно-разнесенных предприятиях (энергетика, добыча полезных ископаемых, лесозаготовка и др.) востребованы беспилотные летательные аппараты для контроля и мониторинга производственных процессов, а также предупреждения чрезвычайных ситуаций. Во многих сферах технологии беспилотного автономного транспорта освоены и базируются на доступных зарубежных и отечественных решениях. Задача состоит лишь в их встраивании в производственный процесс не на правах экзотики, а на постоянной основе.



Рис. 5. Система интегрированной логистической поддержки [19]

Как следует из далеко не полного краткого обзора многообразия современных средств цифровизации и технологий «Индустрии 4.0», применение которых целесообразно при построении производственных подсистем предприятий, все они находятся в тесной взаимосвязи и взаимозависимости, дополняя и расширяя возможности каждого из них по отдельности. Очевидно, что основа для их конструктивного использования должна закладываться на этапе разработки проекта производственной подсистемы.

Заключение

Многообразие возможностей, предоставляемых новыми производственными, организационными и социальными технологиями, возникающими в условиях цифровизации и реализации элементов концепции «Индустрия 4.0», требует их систематизации для определения места каждой из них в работе по формированию современных предприятий.

Проведенный анализ показал, что в составе технологий и систем, особенности которых необходимо учесть при проектировании производственной подсистемы, следует выделить:

- системы управления взаимоотношениями с клиентами;
- технологии анализа больших массивов данных и продвинутых алгоритмов;
- технологии организации многоуровневого взаимодействия с клиентом, персонализации по клиентскому профилю;

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бобрышев А. Д. Модернизация организационного механизма в целях создания устойчивой производственной компании. М. : Экспо-Медиа-Пресс, 2011. 336 с.
2. Индикаторы цифровой экономики: 2022 : стат. сб. / Г. И. Абдрахманова, С. А. Васильковский, К. О. Вишнеvский, Л. М. Гохберг и др. М.: НИУ ВШЭ, 2023. 332 с. DOI: 10.17323/978-5-7598-2697-2.

- системы автоматизированного конструирования (проектирования) изделий;
- системы автоматизированной подготовки производства;
- системы автоматизированного проектирования технологических процессов и оформления технологической документации;
- системы автоматизированного инженерного анализа;
- технологии «цифрового двойника»;
- технологии 3D-моделирования и визуализации;
- технологии управления производственными данными об изделии;
- технологии управления жизненным циклом продукта;
- промышленный интернет вещей;
- технологии применения киберфизических систем;
- массовое применение робототехники;
- технологии автоматизации и управления этапами снабжения предприятия и контроля товародвижения;
- системы интегрированной логистической поддержки;
- технологии автономного (беспилотного) транспорта.

Понимание специфики каждой из этих технологий и систем, а также потенциальных сложностей для внедрения в практику, позволяет при проектировании предприятий выбрать оптимальную и доступную их конфигурацию, а также наметить стратегию дальнейшей цифровой трансформации [21].

3. Прохоров А., Лысачев М. Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт : корпорат. изд. М. : АльянсПринт, 2020. 401 с.
4. Зуйкова А. Что такое цифровые двойники и где их используют // РБК Тренды. 2021. 3 авг. URL: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/6107e5339a79478125166eeb> (дата обращения: 25.02.2023).
5. Балакин Д. А., Керский Е. В. Разработка цифрового двойника радиолокационной станции дальнего обнаружения // Вестник Концерна ВКО «Алмаз — Антей». 2020. № 1. С. 10—18. DOI: 10.38013/2542-0542-2020-1-10-18.
6. Ростех объявил о разработке цифровых двойников оружия и боеприпасов // ТАСС. 2022. 19 авг. URL: <https://tass.ru/armiya-i-opk/15510593> (дата обращения: 25.02.2023).
7. Соломенцева С. Б. 3D-моделирование и визуализация : учеб.-метод. пособие. Елец : Елец. гос. ун-т им. И. А. Бунина, 2019. 80 с.
8. PDM-система: что это такое, ее назначение // Сапрсофт. URL: <https://sapr-soft.ru/stati/pdm-sistema-cto-eto-takoe-eyo-naznachenie> (дата обращения 24.02.2023).
9. Цифровая подготовка производства Быстрый старт в 1С: PDM 4 (PLM). СПб. : КТ-Сегмент, 2021. 223 с.
10. Что такое PLM система и какие выгоды она дает предприятию // Vc.ru. 2021. 29 нояб. URL: <https://vc.ru/u/990440-1s-oxtron/326144-cto-takoe-plm-sistema-i-kaki> (дата обращения: 24.02.2023).
11. Van Kranenburg R. The Internet of Things: A Critique of Ambient Technology and the All-Seeing Network of RFID. Amsterdam : Insitute of Network Cultures, 2008. 60 p.
12. Хитрых Д. Цифровой двойник: концепция, уровни, связь с Интернетом вещей и роль численного и системного моделирования // САИР и графика. 2020. № 7(285). С. 8—12. URL: <https://sapr.ru/article/26079> (дата обращения: 25.02.2023).
13. Момот М. Мощные вещи: как дома и города превратятся в подобие живого организма // РБК Тренды. 2019. 31 окт. URL: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/5db80adf9a7947cd73c945e8> (дата обращения: 26.02.2023).
14. Киберфизические системы Cyber-Physical System, CPS // TAdviser. 2017. 17 авг. URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Киберфизические_системы_\(Cyber-Physical_System,_CPS\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Киберфизические_системы_(Cyber-Physical_System,_CPS)) (дата обращения: 26.02.2023).
15. Что такое киберфизические системы? // НПО Уран : офиц. сайт. URL: <https://нпо-уран.москва/industry40npouranrossiya5/> (дата обращения: 26.02.2023).
16. Роботизация в XXI веке // Рабочий университет им. И. Б. Хлебникова : офиц. сайт. URL: <https://prometej.info/robotizaciya-v-xxi-veke/> (дата обращения: 26.02.2023).
17. Supply Chain Management SCM. Управление цепочками поставок. Управление запасами // TAdviser. 2010. 14 апр. URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:SCM_\(Supply_Chain_Management\)_—_управление_цепочками_поставок_\(управление_запасами\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:SCM_(Supply_Chain_Management)_—_управление_цепочками_поставок_(управление_запасами)) (дата обращения: 27.02.2023).
18. Что такое SCM (Supply Chain Management)? // EnterChain. URL: <https://www.enterchain.ru/experience/upravlenie-tseruyami-postavok-scm/cto-takoe-scm/> (дата обращения: 27.02.2023).
19. Системы интегрированной логистической поддержки для наукоемких изделий на постпроизводственных стадиях жизненного цикла // Центр каталогизации и информационных технологий. URL: https://katalit.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=144&Itemid=236 (дата обращения: 27.02.2023).
20. Хайченко А. Ю., Смирнова Е. А. О мировом опыте использования беспилотного транспорта в сфере логистики и возможности его внедрения в России // Journal of Economy and Business. 2021. Vol. 11-3(81). С. 166—169. DOI: 10.24412/2411-0450-2021-11-3-166-169.
21. Грибов П. Г., Бобрышев А. Д., Алиев А. Т. Инновационные подходы к построению больших организационно-экономических систем в промышленности // Научный вестник оборонно-промышленного комплекса России. 2023. № 1. С. 66—75.

REFERENCES

1. Bobryshev A. D. Modernization of the organizational mechanism in order to create a stable production company. Moscow, Ekspo-Media-Press, 2011. 336 p. (In Russ.)
2. Abdrakhmanova G., Vasil'kovskii S., Vishnevskii K. et al. Digital Economy Indicators in the Russian Federation: 2022. Data Book. Moscow, HSE publ., 2023. 332 p. (In Russ.) DOI: 10.17323/978-5-7598-2697-2.
3. Prokhorov A., Lysachev M. Digital twin. Analysis, trends, world experience. Corporate edition. Moscow, Al'yansPrint, 2020. 401 p. (In Russ.)
4. Zuykova A. What are digital twins and where they are used. *RBC Trendy*. August 3, 2021. (In Russ.) URL: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/6107e5339a79478125166eeb> (accessed: 25.02.2023).
5. Balakin D. A., Kersky E. V. Development of a digital twin for an early-warning radar system. *Vestnik Kontserna VKO «Almaz — Antei» = Journal of «Almaz — Antei» Air and Space Defence Corporation*. 2020;1:10—18. DOI: 10.38013/2542-0542-2020-1-10-18.
6. Rostech announces the development of digital twins of weapons and ammunition. *TASS*. August 19, 2022. (In Russ.) URL: <https://tass.ru/armiya-i-opk/15510593> (accessed: 25.02.2023).
7. Solomentseva S. B. 3D modeling and visualization. Textbook. Yelets, Bunin Yelets State University, 2019. 80 p. (In russ.)
8. PDM system: what is it, its purpose. *Saprssoft*. (In Russ.) URL: <https://sapr-soft.ru/stati/pdm-sistema-cto-eto-takoe-eyo-naznachenie> (accessed: 24.02.2023).
9. Digital production preparation Fast start in 1С: PDM 4 (PLM). Saint Petersburg, КТ-Сегмент, 2021. 223 p. (In Russ.)
10. What is a PLM system and what benefits it brings to the enterprise. *Vc.ru*. November 29, 2021. (In Russ.) URL: <https://vc.ru/u/990440-1s-oxtron/326144-cto-takoe-plm-sistema-i-kaki> (accessed: 24.02.2023).

11. Van Kranenburg R. The Internet of Things: A Critique of Ambient Technology and the All-Seeing Network of RFID. Amsterdam, Insitute of Network Cultures, 2008. 60 p.
12. Khitrykh D. Digital twin: concept, levels, communication with the Internet of Things and the role of numerical and system modeling. *SAPR i grafika*. 2020;7(285):8—12. (In Russ.) URL: <https://sapr.ru/article/26079> (accessed: 25.02.2023).
13. Momot M. Powerful things: how homes and cities will turn into a semblance of a living organism. *RBK Trendy*. October 31, 2019. (In Russ.) URL: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/5db80adf9a7947cd73c945e8> (accessed: 26.02.2023).
14. The cyberphysical systems Cyber-Physical System, CPS. *TAdviser*. August 17, 2017. URL: [https://tadviser.com/index.php/Article:Cyberphysical_systems_\(Cyber-Physical_System,_CPS\)](https://tadviser.com/index.php/Article:Cyberphysical_systems_(Cyber-Physical_System,_CPS)) (accessed: 26.02.2023).
15. What are cyberphysical systems?. *SPA Uranus. Official website*. (In Russ.) URL: <https://нпо-уран.москва/industriya40n-pouranrossiya5/> (accessed: 26.02.2023).
16. Robotization in the 21st century. *Working University named after I. B. Khlebnikov. Official website*. (In Russ.) URL: <https://prometej.info/robotizaciya-v-xxi-veke/> (accessed: 26.02.2023).
17. Supply Chain Management — SCM Supply Chain Management. Inventory Management. *TAdviser*. April 14, 2010. URL: [https://tadviser.com/index.php/Article:SCM_\(Supply_Chain_Management\)_-_Supply_Chain_Management_\(Inventory_Management\)](https://tadviser.com/index.php/Article:SCM_(Supply_Chain_Management)_-_Supply_Chain_Management_(Inventory_Management)) (accessed: 27.02.2023).
18. What is SCM (Supply Chain Management)?. *EnterChain*. (In Russ.) URL: <https://www.enterchain.ru/experience/upravlenie-tsepyami-postavok-scm/chto-takoe-scm/> (accessed: 27.02.2023).
19. Integrated logistics support systems for knowledge-intensive products at the post-production stages of the life cycle. *Cataloging and Information Technology Center*. (In Russ.) URL: https://katalit.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=144&Itemid=236 (accessed: 27.02.2023).
20. Haichenko A. Yu., Smirnova E. A. On the global experience of using unmanned vehicles in the field of logistics and the possibility of its implementation in Russia. *Journal of Economy and Business*. 2021;11-3(81):166—169. DOI: 10.24412/2411-0450-2021-11-3-166-169.
21. Gribov P. G., Bobryshev A. D., Aliyev A. T. Innovative approaches to building large organizational and economic systems in industry. *Nauchnyi vestnik oboronno-promyshlennogo kompleksa Rossii= Scientific Bulletin of the Military-Industrial Complex of Russia*. 2023;1:66—75. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 22.08.2023; одобрена после рецензирования 07.09.2023; принята к публикации 23.09.2023.
The article was submitted 22.08.2023; approved after reviewing 07.09.2023; accepted for publication 23.09.2023.