

УДК 339.138

ИНФРАСТРУКТУРНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ И ЕЕ МОДЕРНИЗАЦИЯ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ

ДОРОДНЫХ Елена Евгеньевна¹

КНЯЗЬНЕДЕЛИН Радислав Алексеевич, к. э. н.²

¹Аспирант Поволжского института управления имени П.А. Столыпина, филиала
Российской академии народного хозяйства и государственной службы
при Президенте Российской Федерации,
г. Саратов, Россия

Адрес для корреспонденции: Е.А. Дородных, 412918, Саратовская область,
г. Вольск-18, Краснознаменная ул., 1.

Т.: +7 (987) 373 62 17. E-mail: dorodnykh_elena@mail.ru

²Старший научный сотрудник 33 Центрального научно-исследовательского
испытательного института Министерства обороны Российской Федерации,
г. Вольск-18, Россия

Адрес для корреспонденции: Р.А. Князьнеделин, 412918, Саратовская область,
г. Вольск-18, Краснознаменная ул., 1.

Т.: +7 (917) 322 07 31. E-mail: radislav@yandex.ru

Аннотация

В статье изложены основные признаки цифрового промышленного предприятия. Раскрыта роль больших данных в условиях цифровой экономики. Рассмотрен состав цифровой производственной инфраструктуры. Показано, что производственная инфраструктура в условиях цифровой экономики носит распределенный и сетевой характер. Уделено внимание важности стандартов цифрового взаимодействия. Дан перечень проблем, препятствующих формированию цифровой производственной инфраструктуры в России.

Ключевые слова

Цифровое предприятие, цифровая инфраструктура, цифровая экономика, большие данные.

UDC: 339.138

INFRASTRUCTURE COMPONENT OF THE PRODUCTION SYSTEM AND ITS MODERNIZATION IN DIGITAL ECONOMY

Elena E. DORODNYKH¹

Radislav A. KNYAZNEDELIN, Candidate of Economic Sciences

¹Post-graduate student of the Volga Region Institute of Management named after P. Stolypin –
branch of the Russian Academy of National Economy and Public Administration
under the President of the Russian Federation,

Saratov, Russia

Address for correspondence: E. A. Dorodnykh, Saratov Region, 412918,
Volsk-18, Red Banner St., 1.

T.: +7 (987) 373 62 17. E-mail: dorodnykh_elen@mail.ru

²Senior Researcher, 33 Central Research Testing Institute
Ministry of Defense of the Russian Federation,
Volsk-18, Russia

Address for correspondence: R. A. Knyaznedelin, 412918, Saratov Region,
Volsk-18, Red Banner St., 1.

T.: +7 (917) 322 07 31. E-mail: radislav@yandex.ru

Abstracts

The present paper contains a description of the main features of an industrial digital company. The role of big data in a digital economy is demonstrated. The structure of digital industrial infrastructure is shown. It is demonstrated that the industrial infrastructure in a digital economy is distributed and network-based. The importance of standards of digital interaction is demonstrated. A list of factors that hinder the development of digital industrial infrastructure in Russia is described.

Keywords

Digital company, digital infrastructure, digital economy, big data.

Введение. Переход к цифровой экономике предполагает принципиально иные условия функционирования промышленных предприятий, которые в значительной степени замещают материальное производство работой с данными [1; 2; 3; 4; 5; 9; 10; 11; 12; 13; 15; 16; 17; 18]. Это позволяет существенно снизить издержки, сократить сроки выведения на рынок новой продукции, а также повысить уровень ее индивидуализации. Для нашей страны цифровизация промышленности имеет особое значение, поскольку она позволит сократить технологическое отставание от ведущих стран мира и провести реиндустриализацию отечественной экономики на основе новых технологических и организационных принципов (что, в свою очередь, создаст условия для повышения величины добавленной стоимости, производимой в России). Однако получить эти результаты можно только в том случае, если на предприятиях будет внедрена соответствующая цифровая инфраструктура (включающая в себя как оборудование, так и программное обеспечение).

При этом необходимо учитывать, что по своему содержанию цифровизация промышленности отличается от автоматизации производства [11]. Речь идет не просто о дополнении живого труда автоматизированным, а о новой модели организации производства. К сожалению, эти принципиальные отли-

чия цифровизации от автоматизации и информатизации не в полной мере осознаются сообществом промышленников нашей страны.

Цель статьи – рассмотреть, на каких организационно-технологических принципах строится цифровое промышленное предприятие (ЦПП; мы используем этот термин как синоним «умного завода» и «предприятия 2.0» [20; 23]), какие инструменты организации производства оно использует и какую цифровую инфраструктуру оно требует для обеспечения своего функционирования.

Методы и объект исследования. Объект исследования – промышленное предприятие и изменения в его функционировании, вызванные процессами цифровизации производства. Методами исследования являются структурный и функциональный анализ, ретроспективный и сравнительный подходы.

Результаты исследования. В соответствии с исследованиями зарубежных и отечественных специалистов, основными технологическими характеристиками ЦПП являются [19; 21; 22]:

умная автоматизация, заключающаяся во внедрении технологических систем, способных самостоятельно себя диагностировать, проводить наладку и оптимизацию процессов и предоставлять работникам интеллектуальную поддержку выполняемой ими работы;

киберфизические системы, состоящие из взаимосвязанных и самостоятельно взаимодействующих друг с другом производственных единиц разных уровней, от отдельных станков до производственных линий и заводов. В этих системах традиционный материальный производственный компонент (машины и оборудование) и информационный компонент (программное обеспечение, системы связи и сбора информации) формируют неразделимое единство, создающее возможность гибкой переналадки производства, высокого уровня кастомизации выпускаемой продукции и минимизации человеческого участия в производственном процессе;

информационная связность между всеми элементами хозяйственной деятельности предприятия – от отдельного работника до отдела сбыта – и охватывающая как самих производителей, так и их поставщиков и потребителей. Это позволяет добиться высокого уровня координации как производственной деятельности внутри предприятия, так и взаимодействия между самостоятельными участниками хозяйственной деятельности, которые обеспечивают функционирование предприятия. Благодаря этому в свою очередь становится возможным быстрый запуск продукта в серийное производство,

высокая степень адаптации конечного продукта под запросы заказчика, минимизация запасов сырья и готовой продукции. Это также позволяет отслеживать функционирование поставленного заказчику оборудования в рамках контрактов жизненного цикла, за счет чего можно оптимизировать сервисное обслуживание;

новые формы организации труда, заключающиеся в использовании дополненной реальности. Это снижает затраты как на тестирование и выпуск продукции, так и на создание рабочих мест.

Сказанное выше наглядно показывает, что деятельность ЦПП критично зависит от его способности собирать, хранить и обрабатывать данные. Хотя, разумеется, компетенции в сфере работы с информацией всегда были важны для успеха любой компании, основой для функционирования ЦПП является работа с принципиально новым типом данных – т. н. «большими данными» (Big Data), ключевыми характеристиками которых являются большой объем (Volume), разнообразие форматов и неструктурированность (Variety) и высокая скорость поступления (Velocity) [11]. Фактически речь идет о сборе полной информации об управляемом объекте в режиме реального времени, что, разумеется, предъявляет повышенные требования к хранилищам данных, а также к вычислительным мощностям и программному обеспечению, применяемым для их обработки. Однако использование «больших данных» позволяет руководству предприятия не только быть постоянно в курсе реальной производственной ситуации во всей ее полноте (знать, какие единицы продукта производятся в настоящий момент, на какой стадии производства они находятся, какие единицы оборудования задействованы в производственном процессе, какова величина запасов сырья, готовой продукции, незавершенного производства и полуфабрикатов и т. д.). Доступ к этой информации не содержит качественного прорыва по сравнению с теми возможностями, которые уже ранее предоставляли информационные системы промышленных предприятий, речь лишь идет о количественном росте, об увеличении объема доступной информации, благодаря чему становится возможным более полный контроль над производственной деятельностью предприятия и более высокое качество управленческих решений. Гораздо больший интерес представляет то, что благодаря «большим данным» предприятие может заместить значительное число реальных производственных процессов виртуальными, т. е. построить виртуальный двойник завода – объем собираемой информации и качество ее обработки позволяют это сделать [6]. Иными словами, часть процессов, связанных с выпуском продукции (прежде всего – подготовка к ее

выпуску), протекает не в физической, а в виртуальной реальности, что ведет не только к снижению производственных затрат, но и – что особенно важно сейчас, в условиях высококонкурентной среды и необходимости оперативно реагировать на непрерывно меняющиеся запросы потребителей – сокращению времени на выполнение этих процессов. Например, по отзывам специалистов, в автомобильной промышленности в настоящее время на тысячу виртуальных краш-тестов приходится всего лишь пять физических [6].

Однако подход к организации производства, основанный на использовании цифровых двойников предприятий (точнее, производственных систем), требует принципиально иной модели формирования производственной инфраструктуры предприятия, поскольку в ее состав теперь входят не только традиционные физические активы, но и виртуальная составляющая. Если на более низком уровне развития информационных технологий информационная инфраструктура существовала параллельно производственному процессу (позволяя собирать информацию о нем и совершать дискретные управленческие воздействия), то в настоящее время информационные процессы становятся неотъемлемой частью производственных. На цифровом предприятии любому физическому действию соответствует его виртуальный двойник. При этом совершается значительное число виртуальных операций, у которых нет аналога в физическом мире (эти операции связаны с тестированием, выбором оптимального режима и т. д.). Это означает, что производственная деятельность частично переносится в виртуальное пространство, что соответствует тенденции к виртуализации и цифровизации экономики [8; 17]. Информационная инфраструктура становится неотъемлемым элементом киберфизической производственной инфраструктуры предприятия. В силу этого трансформируется как сама производственная инфраструктура, так и модели ее создания, управления ею и защиты ее от внешних угроз.

Это соответствует современному представлению о том, что ключевую роль в успехе компании на рынке играет не физический, а интеллектуальный капитал (очевидно, что информационная составляющая производственной инфраструктуры предприятия относится к интеллектуальному капиталу). Очень важным в условиях современной российской экономики является тот факт, что использование информационных технологий позволяет резко нарастить эффективность уже существующего оборудования, устраняя необходимость в закупке новых основных фондов [6]. Подключение имеющихся станков к единой информационной структуре предприятия позволяет выявить недоиспользованные производственные мощности, оптимизировать за-

грузку оборудования, улучшить координацию деятельности между различными участками производства, минимизировать брак. Такой подход противоречит сложившейся де-факто управленческой парадигме, в соответствии с которой для расширения выпуска продукции необходимо закупать оборудование (отчасти эта парадигма подкрепляется спускаемыми от высшего руководства требованиями обеспечить техническое перевооружение – зачастую ради самого перевооружения). Повышение эффективности промышленных предприятий может быть достигнуто и без закупок новой техники, исключительно за счет повышения качества организации производства.

Это, по нашему мнению, имеет исключительно большое значение для нашей страны. Хорошо известен тот факт, что по уровню производительности труда мы отстаем от ведущих экономик мира. К сожалению, повысить производительность труда только за счет применения более производительного оборудования затруднительно, поскольку необходимо обеспечить более эффективное использование этого оборудования. Без этого самые передовые станки будут простаивать и недоиспользоваться. Напротив, внедрение передовых инструментов организации производства (к которым относится и цифровизация промышленности) позволит добиться роста эффективности без значительных инвестиций в техническое перевооружение предприятий. Нарращивание производственных мощностей должно смениться внедрением цифровых инструментов повышения эффективности их использования.

Это, разумеется, не означает, что от инвестиций в закупку нового оборудования следует отказаться. Производственные фонды российских промышленных предприятий отличаются высоким уровнем морального и физического износа и в значительной степени подлежат замещению [6]. Более того, не все используемое в нашей стране промышленное оборудование может быть оцифровано (порядка трех четвертей российского парка станков не оснащено системами числового программного управления – ЧПУ, что делает невозможным их подключение к системам цифрового мониторинга [6]). Речь идет лишь о том, что при организации технического перевооружения нужно отказаться от приоритета закупки оборудования как такового, от закупок ради закупок, и поставить задачу формирования новых киберфизических производственных систем. На отдельных предприятиях это формирование будет происходить путем закупки нового оборудования и интеграции его в единую информационную систему, на других – посредством интеграции уже существующего производственного комплекса в единое киберфизическое пространство. Вместо технического перевооружения (эта задача соответствует

уровню организации производства первой половины XX в., когда оборудование было самостоятельной производственной ценностью) необходимо добиваться цифрового, киберфизического перевооружения предприятий.

Элементами производственной инфраструктуры становятся:

датчики для непрерывного сбора информации о производственном процессе;

приемо-передающие устройства, охватывающие все основные элементы производственного процесса и позволяющие передавать информацию о нем в центральную информационную систему и принимать от нее указания;

программное обеспечение, координирующее производственную деятельность;

каналы связи, по которым происходит передача информации;

серверы для обработки информации и выдачи ее в удобном виде (в частности, для виртуального моделирования характеристик конечной продукции, протекания производственного процесса и т. д.);

хранилища данных.

Производственное оборудование, т. е. физические активы в настоящее время способны выполнять свои функции с минимальным участием человека. Они сами обмениваются информацией друг с другом, принимают сигналы от центральной системы и гибко адаптируют режим своего функционирования к текущей ситуации на предприятии. Информационная составляющая производственной инфраструктуры предприятия позволяет реализовать возможность такой гибкой адаптации.

При этом важно помнить, что в современных условиях набор компетенций и активов, которые необходимы для выпуска конечной продукции, слишком велик для одного предприятия, и по этой причине производство не сосредоточено на одном предприятии, а распределено по глобальным производственным цепочкам [4; 7]. Специалисты указывают на феномен распределенного предприятия [14], что позволяет говорить о феномене распределенной производственной инфраструктуры, которая обеспечивает деятельность такого предприятия. Иными словами, значительная часть производственной инфраструктуры, задействованной в выпуске конечного продукта какого-либо предприятия, находится вне этого предприятия, под контролем его внешних контрагентов. При этом данные контрагенты, как правило, взаимодействуют не только с этим предприятием, но и с другими партнерами.

Аналогичная ситуация имеет место и для информационной инфраструктуры. Требования к ее техническим характеристикам столь высоки, что

только наиболее крупные предприятия отрасли могут позволить себе иметь эту инфраструктуру под своим контролем в полном объеме. На практике большая часть производственных компаний прибегает к услугам внешних поставщиков такой инфраструктуры, как правило, на основе облачных технологий.

В совокупности это означает, что используемая предприятиями производственная инфраструктура носит не только распределенный, но и глобальный характер. Один и тот же объект этой инфраструктуры в разные моменты времени может быть задействован в интересах разных предприятий. Это позволяет говорить о сетевом характере производственной инфраструктуры – как физической, так и виртуальной. Наряду с ростом возможностей для предприятий – расширением доступа к производственной инфраструктуре – растут и риски. В доступе к такой инфраструктуре может быть отказано как по экономическим причинам (нехватка мощностей, высокая стоимость услуг), так и по политическим (санкции). Если традиционные производственные объединения фордовского периода решали проблему доступа к производственным ресурсам путем приобретения их в собственность, то в настоящее время необходимы иные инструменты гарантии доступа к производственным цепочкам.

С учетом этого ключевым фактором успеха предприятия в современных условиях является не создание физической или даже виртуальной производственной инфраструктуры (которые, как было сказано выше, в значительной степени могут быть сконцентрированы у внешних контрагентов компании), а разработка стандартов взаимодействия в рамках распределенных предприятий и контроль над соблюдением этих стандартов. Без такого контроля предприятие не сможет обеспечить себе управление над своей системой внешних контрагентов. Напротив, обладая таким контролем, предприятие сможет управлять не только взаимодействием своих контрагентов с собой, но и взаимодействием своих контрагентов с остальными партнерами (при условии, что для этого взаимодействия будут использоваться те же самые стандарты). Эти стандарты также имеют явно выраженную сетевую природу: чем более широкое распространение они приобретают, тем больше стимулов у остальных рыночных игроков подключиться к их использованию.

Столь важная роль стандартов взаимодействия позволяет выделить их в качестве самостоятельного элемента производственной инфраструктуры. Отметим, что именно на разработку таких стандартов сейчас ориентируются конкурирующие проекты «Индустрии 4.0».

Состав производственной инфраструктуры современного предприятия представлен в табл. 1.

Таблица 1. Состав производственной инфраструктуры цифрового промышленного предприятия

Элементы производственной инфраструктуры	Внутренние элементы	Внешние элементы
Стандарты взаимодействия	Стандарты внутреннего взаимодействия	Стандарты внешнего взаимодействия
Информационная инфраструктура	Внутренняя информационная среда	Распределенная информационная среда; внешние (облачные) информационные ресурсы
Физическая инфраструктура	Собственные производственные мощности	Внешние (находящиеся в составе координируемой производственной цепочки) производственные мощности

Внешняя информационная инфраструктура включает в себя два разнородных элемента.

1. Распределенная (внешняя) информационная среда. Это единая информационная среда, обеспечивающая координацию деятельности контрагентов в рамках единой производственной цепочки. По сути дела, это расширение внутренней информационной среды предприятия за его пределы. Эта распределенная среда функционирует по единым для всей производственной цепочки внешним стандартам взаимодействия и охватывает внутренние информационные системы входящих в эту цепочку предприятий.

2. Внешние информационные ресурсы, которые представляют собой просто дополнительные мощности по обработке информации (в интересах как самого предприятия, так и координируемой им производственной цепочки). Владельцы этих ресурсов – информационные провайдеры, не участвующие непосредственно в производственном процессе, но обеспечивающие его информационное обслуживание.

К сожалению, в России формирование инновационной (цифровой, киберфизической) производственной инфраструктуры сдерживается рядом факторов [6]:

1. Техническая отсталость используемого парка оборудования, которая не позволяет оцифровывать производственные процессы.

2. Сопротивление управленцев, которые не желают устанавливать системы цифрового мониторинга из-за опасений того, что прозрачность производственной деятельности для собственника повысится, из-за чего, с одной стороны, станут очевидны управленческие просчеты и недобросовестность менеджмента, а с другой стороны – отпадет потребность в значительном числе управленцев, поскольку они могут быть замещены автоматизированными системами.

3. Отсутствие необходимой информационной базы для внедрения цифровых технологий. Формирование виртуального двойника завода представляет собой разработку его полной математической модели, для чего нужен большой объем данных в удобном для машинного использования формате (цифровом). На большинстве российских предприятий такая информация не собирается, а существующая информационная база зачастую носит фрагментарный характер и имеется только в бумажном виде. Разумеется, начать формировать базу данных можно немедленно, но на ее создание потребуется минимум полгода, и за это время отставание от передовых западных предприятий будет только нарастать.

4. Цифровая модель ведения бизнеса предполагает интеграцию информационных систем взаимодействующих предприятий, что сопряжено с рисками негативного воздействия и противоречит традиционной политике закрытости российских компаний.

5. Высокий уровень зависимости от иностранного оборудования и программного обеспечения, необходимых для формирования ЦПП. Что очень важно, в нашей стране пока отсутствуют попытки разработки собственных стандартов цифрового взаимодействия предприятий и их внедрения. Это также ставит нашу экономику в зависимость от иностранных стандартов.

Выводы. В современных условиях информационная инфраструктура становится неотъемлемым элементом производственной инфраструктуры, позволяя обеспечить единство функционирования распределенного предприятия и создавать виртуальные двойники производственных процессов. Это соответствует тенденции трансформации производств в киберфизические системы и цифровизации хозяйственной деятельности.

Как физическая, так и информационная составляющие производственной инфраструктуры носят распределенный, сетевой характер, частично находясь вне контроля предприятия. По этой причине большое значение имеет гарантия доступа предприятия ко всей необходимой ему инфраструктуре.

Основным направлением повышения эффективности промышленных предприятий станет не наращивание их производственных мощностей (хотя

бы потому, что благодаря распределенному производству они могут гибко получать доступ к необходимому оборудованию), а повышение качества взаимодействия в рамках производственных цепочек. Причем это взаимодействие будет охватывать и потребителей конечной продукции, за счет чего ее производители смогут гибко отслеживать потребности клиентов и обеспечивать сервисное обслуживание.

Ключевую роль в обеспечении функционирования распределенных предприятий играют стандарты цифрового взаимодействия. Недостаточное внимание руководства и предпринимательского сообщества нашей страны к разработке таких национальных стандартов может поставить российскую экономику в еще большую зависимость от иностранных технологий (когда созданные за рубежом стандарты фактически станут универсальными).

Россия в настоящее время заметно отстает от ведущих экономик мира по степени цифровизации промышленности. Мы полагаем, что актуальной является задача выстраивания в нашей стране новой цифровой производственной инфраструктуры. Именно эта задача, а не просто техническое перевооружение производств путем закупки нового оборудования должна стать целью отечественной промышленной политики.

Авторский вклад. Дородных Е. Е. – написание прикладной части статьи, связанной с анализом перспектив развития цифрового производства в России; Князьнеделин Р. А. – написание теоретической части статьи, связанной с анализом развития цифровой промышленности, а также проблем формирования инновационной производственной инфраструктуры.

Список источников

1. **Бабкин А.В., Буркальцева Д.Д., Костень Д.Г., Воробьев Ю.Н.** Формирование цифровой экономики в России: сущность, особенности, техническая нормализация, проблемы развития // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. – 2017. – Т. 10. – № 3. – С. 9–25.
2. **Бодрунов С.Д., Демиденко Д.С., Плотников В.А.** Реиндустриализация и становление «цифровой экономики»: гармонизация тенденций через процесс инновационного развития // Управленческое консультирование. – 2018. – № 2. – С. 43–54.
3. **Гудкова Т.В.** Цифровые технологии фирмы, ключевого звена американской экономики // США и Канада: экономика, политика, культура. – 2019. – № 1. – С. 63–75.

4. **Дементьев В.Е., Новикова Е.С., Устюжанина Е.В.** Место России в глобальных цепочках создания стоимости // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2016. – № 1. – С. 17–30.
5. **Клочков В.В.** Влияние технологий «цифровой экономики» на индустриальный сектор // Друкеровский вестник. – 2018. – № 2. – С. 59–67.
6. **Колерова В.** Цифровое раздвоение заводов еще впереди // Эксперт. – 2018. – № 44. – С. 24–26.
7. **Кондратьев В.Б.** Глобальные цепочки стоимости в отраслях экономики: общее и особенное // Мировая экономика и международные отношения. – 2019. – Т. 63. – № 1. – С. 49–58.
8. **Котляров И.Д.** Тенденции эволюции электронной коммерции // Интернет-маркетинг. – 2012. – № 4. – С. 252–258.
9. **Крылатков П.П., Калинина Н.Е.** Эволюция цифрового пространства современного машиностроительного предприятия // Организатор производства. – 2018. – Т. 26. – № 3. – С. 7–18.
10. **Курбанов А. Х., Курбанов Т. Х., Лучкин С. В.** Цифровые логистические технологии: возможные перспективы и риски внедрения в цепи поставок // Логистика. – 2018. – № 10. – С. 32–36.
11. **Маркова В. Д.** Влияние цифровой экономики на бизнес // ЭКО. – 2018. – № 12. – С. 7–22.
12. **Плотников В.А.** Цифровизация производства: теоретическая сущность и перспективы развития в российской экономике // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 2018. – № 4. – С. 16–24.
13. **Попов Е. В., Семячков К. А.** Анализ трендов развития цифровой экономики // Проблемы теории и практики управления. – 2017. – № 10. – С. 82–91.
14. **Смординская Н.В., Катукон Д.Д.** Распределенное производство и «умная» повестка национальных экономических стратегий // Экономическая политика. – 2017. – Т. 12. – № 6. – С. 72–101.
15. **Федотова Г.В.** Проблемы цифровизации промышленного сектора // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2019. – Т. 15. – № 2. – С. 273–283.
16. **Туровец О.Г., Родионова В.Н., Каблашова И.В.** Обеспечение качества организации производственных процессов в условиях управления цифровым производством // Организатор производства. – 2018. – Т. 26. – № 4. – С. 65–76.
17. **Устюжанина Е.В., Сигарев А.В., Шеин Р.А.** Цифровая экономика как новая парадигма экономического развития // Экономический анализ: теория и практика. – 2017. – Т. 16. – № 12. – С. 2238–2253.
18. **Шендрикова О.О., Елфимова И.Ф.** Исследование процессов цифровизации промышленных предприятий // Организатор производства. – 2019. – Т. 27. – № 1. – С. 16–24.

19. **Cagliano R., Spina G.** Advanced manufacturing technologies and strategically flexible production // *Journal of Operations Management*. – 2000. – V. 18. – No 2. – P. 169–190.
20. **McAfee A.P.** Enterprise 2.0: The dawn of emergent collaboration // *MIT Sloan Management Review*. – 2006. – V. 47. – No 3. – P. 21–28.
21. Securing the future of German manufacturing industry. Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0. Final report of the Industrie 4.0 Working Group / H. Kagermann, W. Wahlster, J. Helbig (Eds.). Frankfurt am Main: acatech e. V., 2013.
22. **Spina G., Bartzaghi E., Bert A., Cagliano R., Draaijer D. J., Boer H.** Strategically flexible production: the multi-focused manufacturing paradigm // *International Journal of Operations and Production Management*. – 1996. – V. 16. – No 11. – P. 20–41.
23. **Zuehlke D.** Smart factory. Towards a factory-of-things // *Annual Reviews in Control*. – 2010. – V. 34. – No 1. – P. 129–138.

References

1. **Babkin A.V., Burkaltseva D. D., Kosten D. G., Vorobev Yu.N.** Formation of the digital economy in Russia: the essence, features, technical normalization, development problems // *Scientific and technical statements SPbGU. Economics*. – 2017. – V. 10. – № 3. – P. 9–25.
2. **Bodrunov S.D., Demidenko D.S., Plotnikov V.A.** Re-industrialization and the formation of a «digital economy»: harmonization of trends through the process of innovative development // *Management consulting*. – 2018. – № 2. – P. 43–54.
3. **Gudkova T.V.** Digital technologies of the company, a key element of the American economy // *USA and Canada: economics, politics, culture*. – 2019. – № 1. – P. 63–75.
4. **Dementiev V.E., Novikova E.S., Ustyuzhanina E.V.** Russia's place in global value chains // *National interests: priorities and security*. – 2016. – № 1. – P. 17–30.
5. **Klochkov V.V.** Influence of «digital economy» technologies on the industrial sector // *Druker Bulletin*. – 2018. – № 2. – P. 59–67.
6. **Kolerova V.** Digital bifurcation of plants still ahead. // *Expert*. – 2018. – № 44. – P. 24–26.
7. **Kondratiev V.B.** Global value chains in economic sectors: the general and the particular // *World economy and international relations*. – 2019. – T. 63. – № 1. – P. 49–58.
8. **Kotlyarov I.D.** Trends in the evolution of e-commerce // *Internet marketing*. – 2012. – № 4. – P. 252–258.
9. **Krylatkov P.P., Kalinina N.E.** The evolution of the digital space of a modern engineering enterprise. Organizer of production. – 2018. – V. 26. – № 3. – P. 7-18

10. **Kurbanov A. Kh., Kurbanov T. Kh., Luchkin S. V.** Digital logistics technologies: possible prospects and risks of implementation in the supply chain // *Logistics*. – 2018. – № 10. – P. 32–36.
11. **Markova V.D.** Influence of digital economy on business // *ECO*. – 2018. – № 12. – P. 7–22.
12. **Plotnikov V.A.** Digitization of production: theoretical nature and development prospects in the Russian economy // *News of St. Petersburg State University of Economics*. – 2018. – № 4. – P. 16–24.
13. **Popov E.V., Semyachkov K.A.** Analysis of Trends in the Development of the Digital Economy // *Problems of Theory and Practice of Management*. – 2017. – № 10. – P. 82–91.
14. **Smorodinskaya N.V., Katukov D.D.** Distributed production and "smart" agenda of national economic strategies // *Economic policy*. – 2017. – V. 12. – № 6. – P. 72–101.
15. **Fedotova G.V.** Problems of digitalization of the industrial sector // *National interests: priorities and security*. – 2019. – T. 15. – № 2. – P. 273–283.
16. **Turovets O.G., Rodionova V.N., Kablashova I.V.** Quality assurance of the organization of production processes in the conditions of digital production management // *Production organizer*. – 2018. – V. 26. – № 4. – P. 65–76.
17. **Ustyuzhanina EV, Sigarev A.V., Shein R.A.** Digital economy as a new paradigm of economic development // *Economic analysis: theory and practice*. – 2017. – V. 16. – № 12. – P. 2238–2253.
18. **Shendrikova O.O., Elfimova I.F.** Study of the processes of digitalization of industrial enterprises // *Production organizer*. – 2019. – V. 27. – № 1. – P. 16–24.
19. **Cagliano R., Spina G.** Advanced manufacturing technologies and strategically flexible production // *Journal of Operations Management*. – 2000. – V. 18. – No 2. – P. 169–190.
20. **McAfee A.P.** Enterprise 2.0: The dawn of emergent collaboration // *MIT Sloan Management Review*. – 2006. – V. 47. – No 3. – P. 21–28.
21. **Securing the future of the German manufacturing industry. Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0. Final report of the 4.0 Working Group / H. Kagermann, W. Wahlster, J. Helbig (Eds.). Frankfurt am Main: acatech e. V., 2013.**
22. **Spina G., Bartzaghi E., Bert A., Cagliano R., Draaijer D. J., Boer H.** Strategically flexible production: the multi-focused manufacturing paradigm // *International Journal of Operations and Production Management*. – 1996. – V. 16. – No 11. – P. 20–41.
23. **Zuehlke D.** Smart factory. Towards a factory-of-things // *Annual Reviews in Control*. – 2010. – V. 34. – No 1. – P. 129–138.