

ТЕОРИЯ И МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

DOI: 10.25987/VSTU.2018.50.18.001

УДК 658.51+ 338.2:004.9

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

С.В. Амелин, И.В. Щетинина

*Воронежский государственный технический университет
Россия, 394026, Воронеж, Московский пр-т, 14*

Введение. В настоящее время актуальными являются вопросы совершенствования организации производства на основе «цифровизации» процесса производства и управления. Реиндустриализация отечественной промышленности в русле инновационной модели развития России характеризуется созданием цифровизованных технологических платформ, дигитализацией производства и управления, создания высокотехнологичных предприятий для выпуска продукции в единых технологических цепочках с высокой добавленной стоимостью для внутреннего рынка и на экспорт.

Данные и методы. Авторами рассмотрены положения организации производства в условиях цифровой трансформации, возможности и препятствия в процессе цифровизации производства на основе анализа статистической информации и опыта отечественных предприятий.

Полученные результаты. Авторами предлагаются положения по организации производства в условиях цифровой экономики, принципы, положительные стороны и риски, этапы цифровой трансформации, цифровая поддержка жизненного цикла изделий, подготовка квалифицированного персонала для цифрового производства.

Заключение. Результаты исследования могут быть использованы в качестве теоретической основы для организации цифрового производства на отечественных предприятиях

Ключевые слова: организация производства, цифровая экономика, цифровое производство, промышленный интернет вещей

Для цитирования:

Амелин С.В., Щетинина И.В. Организация производства в условиях цифровой экономики // Организатор производства. 2018. Т.26. № 4. С. 7-18. DOI: 10.25987/VSTU.2018.50.18.001

PRODUCTION ORGANIZATION IN CONDITIONS OF DIGITAL ECONOMY

S.V. Amelin, I.V. Shchetinina

*Voronezh State Technical University
14, Moskovsky Av., Voronezh, 394026, Russia*

Introduction. At present, the topical issues are those, related to improving the production organization based on digitalization of production and management. The re-industrialization of the domestic industry in line with the innovative model of Russia's development is characterized by the creation of digitalized technological platforms, the digitalization of production and management, and the establishment of high-tech

Сведения об авторах:

Станислав Витальевич Амелин (д-р экон. наук, доцент, assa-prima@mail.ru), профессор кафедры «Экономика и управление на предприятии машиностроения».

Ирина Валерьевна Щетинина (канд. экон. наук, irina_sht84@mail.ru), доцент кафедры «Экономика и управление на предприятии машиностроения».

On authors:

Stanislav V. Amelin (Dr. Sci. (Economy), Assistant Professor, assa-prima@mail.ru), Professor of the Chair of Economics and Management at Machine Construction Enterprises.

Irina V. Shchetinina (Cand. Sci. (Economy), irina_sht84@mail.ru), Assistant Professor of the Chair of Economics and Management at Machine Construction Enterprises.

enterprises for product output in integrated technological chains with high added value for domestic and export markets.

Data and methods. The authors consider the provisions for production organization in conditions of digital transformation, as well as the possibilities and obstacles in the process of production digitalization on the basis of statistic data analysis and the experience of domestic enterprises.

Results. The authors propose the provisions for production organization in conditions of digital economy, the principles, positive aspects and risks, the stages of digital transformation, the digital support of product lifecycle and qualified personnel training for digital production.

Conclusion. The research results can be used as a theoretical basis for organization of digital production at domestic enterprises

Key words: production organization, digital economy, digital production, industrial Internet of things

For citation:

Amelin S.V., Shchetinina I.V. (2018) Production organization in conditions of digital economy. *Organizator proizvodstva* = Organizer of Production, 26(4), 7-18. DOI: 10.25987/VSTU.2018.50.18.001 (in Russian)

Введение

Современные тенденции перехода экономики на новый технологический уклад вызывают необходимость модернизации отечественных производственных систем, формирования актуальных подходов к организационно-экономическому обеспечению процессов производства, а также систем и методов управления. На предприятиях промышленности после периода реиндустриализации [1, 2, 3] активизируются процессы автоматизации и роботизации производства, совершенствования организации производства и управления предприятием, роста уровня его цифровой интеллектуализации. В целях повышения оперативности и гибкости производства оборудование должно быть приспособлено к быстрой настройке на выпуск различных видов продукции. Современная парадигма организации производства и управления опирается на возможности оперативного обмена информацией в режиме реального времени между средствами и предметами труда, осуществления быстрой переналадки оборудования, сокращения численности и изменения компетенций производственного и обслуживающего персонала, перехода к производству новых изделий посредством замены управляющих программ в гибких производственных системах и робототехнических комплексах. Для реализации этого необходимо эффективно использовать и повышать человеческий, научный потенциал в целях развития инновационного, наукоёмкого, высокотехнологичного производства, выпускающего конкурентоспособную продукцию как для

отечественного, так и для мировых рынков. В области цифрового производства развиваются такие направления современных технологий, как «промышленный интернет вещей», «аддитивные технологии производства», «облачные технологии хранения и переработки информации», «аналитика больших данных», «искусственный интеллект», «умное роботизированное производство», включающее станки с ЧПУ, обрабатывающие центры, гибкие производственные модули. Обоснование принятия организационных решений при этом возможно путём использования имитационного и экономико-математического моделирования.

Понятие организации цифрового производства

Инновационная модель развития промышленности России характеризуется формированием цифровых технологических платформ, расширением использования экономики знаний, цифровой трансформацией производства и систем управления, что является значимыми факторами роста эффективности функционирования промышленных предприятий и повышения конкурентоспособности выпускаемой продукции. Появление и освоение новых высоких технологий, цифрового производства невозможно без совершенствования научных подходов и методов организации производства.

Под высокими технологиями будем понимать воплощение передовых научных знаний и конструкторских разработок в методы и инструменты процесса преобразования производственных ресурсов в конкурентоспо-

собный на целевом рынке принципиально новый или лучший по техническим характеристикам, по сравнению с существующими аналогами, продукт.

Высокотехнологичные продукты - это усовершенствованные или принципиально новые, технически сложные, конкурентоспособные на целевом рынке изделия или услуги, производство которых базируется на результатах внедрения НИОКР, инновационных цифровых технологиях, эффективном использовании ресурсов и компетенций высококвалифицированного персонала предприятия.

Высокотехнологичное производство является инновационным процессом создания конкурентоспособной на целевом рынке продукции или услуг с высокой долей добавленной стоимости на базе применения передовых цифровых технологий, «интеллектуализированных» средств труда и высококвалифицированного труда [4, 5].

Цифровая экономика представляет собой хозяйственную деятельность, в которой важнейшим фактором производства являются оперативная обработка и анализ больших объемов цифровых данных для поддержки и автоматизации принимаемых решений, что по сравнению с традиционными формами хозяйствования позволяют значительно повысить эффективность производства, технологий, оборудования, хранения, продажи, доставки товаров и услуг.

Цифровая трансформация производства означает революционные изменения бизнес-моделей на основе использования цифровых платформ с целью обеспечения значительного роста объемов рынка за счёт повышения конкурентоспособности продукции предприятий.

Цифровая трансформация производства предполагает организацию внедрения современных инновационных технологий и продуктов, адаптацию и разработку новых бизнес-моделей к условиям цифровой экономики и за счёт этого качественное улучшение бизнес-процессов, включая процесс производства продукции [6-9].

Цифровая платформа представляет собой интегрированную информационную систему, которая призвана обеспечить многосторонние взаимодействия пользователей по обмену информацией в целях оптимизации бизнес-процессов, снижения общих транзакционных

издержек, повышения эффективности цепочек поставок товаров и оказания услуг.

Цифровая экосистема объединяет несколько цифровых платформ разных отраслей или сегментов рынка, имеющих общих клиентов и обеспечивает условия для инновационного развития и распространения цифровых устройств, цифровых продуктов, цифровых сервисов и приложений. Рационально организованная экосистема, в которой добавленная стоимость создается с помощью цифровых (информационных) технологий, позволяет приумножить положительный эффект для каждого компонента социотехнической системы с распределенным взаимодействием и взаимным использованием и обменом знаниями в условиях эволюционного саморазвития. Можно ожидать, что значительный потенциал будут иметь экосистемы цифровых платформ транспортно-логистического и производственного секторов экономики.

Организация производства в условиях цифровой экономики, по мнению авторов, представляет собой комплекс методов, приёмов и мероприятий, позволяющих обеспечить наиболее эффективное сочетание обладающих необходимой компетенцией высококвалифицированных работников в процессе труда с инновационными средствами и предметами труда в пространстве и времени для достижения целей производства на основе цифровизации управления жизненным циклом продукции [4, 5].

По оценкам экспертов среди причин, препятствующих цифровой трансформации выделяются следующие: устаревшие технологии на 61% предприятий, отсутствие специалистов и команд, обладающих необходимыми компетенциями и навыками – 64%, отсутствие интеграции существующих и новых технологий и данных – 62% [10].

Исследования в области цифровой трансформации производства показывают, что предприятия, проявляющие активность в использовании новых цифровых технологий и новых методов управления, на 26% в среднем прибыльнее своих конкурентов, у тех же, которые инвестируют значительные средства в цифровые технологии, но при этом не уделяют достаточно внимания управлению, финансовые результаты деятельности на 11% ниже, консервативные организации, модернизирующие только управление, получают плюс 9% к прибыли.

ли, но с помощью внедрения цифровых технологий потенциально могут увеличить результат втрое, для тех, кто еще не выработал стратегию развития, имеют на 24% более низкие финансовые показатели в сравнении с другими предприятиями [11].

Требуется значительная перестройка инфраструктуры, технологии, методов организации управления производством. Современная экономическая ситуация характеризуется началом четвёртой промышленной революции, в рамках которой создаются цифровые "умные" предприятия, оснащаемые киберфизическими системами. Такие предприятия позволяют осуществлять персонализированное "кастомизированное" производство конкурентоспособной на отечественном и мировом рынке продукции. Среди технологических трендов четвёртой промышленной революции можно выделить: вертикальную и горизонтальную интеграцию, промышленную роботизацию, беспилотный транспорт, использование станков с ЧПУ, обрабатывающих центров, аддитивные технологии с использованием 3D принтеров, промышленный интернет вещей, искусственный интеллект, облачные вычисления и хранение данных, анализ больших данных, имитационное и математическое моделирование и прогнозирование, дополненную реальность, кибербезопасность.

Многокоординатные обрабатывающие центры с ЧПУ позволяют выполнять токарные, сверлильные и фрезерные работы и в тоже время управлять перемещением рабочего инструмента и заготовок в процессе комплексной механической обработки. Такое четырёх – шестикоординатное оборудование позволяет работать с деталью любой сложности, осуществлять несколько процессов одновременно без остановок, существенно сокращая время, реализуя процессы от обтачивания заготовки до полноценного изготовления изделия. Обрабатывающие центры и станки с ЧПУ позволяют осуществлять автоматическое управление и контроль производственных процессов с помощью пульта управления и компьютера, на который могут дистанционно передаваться необходимые для выполнения производственных операций данные. Обрабатывающие центры имеют инструментальные магазины ёмкостью от 5 до 100 и более инструментов и устройства для их автоматической смены. Рабочая головка

производственного оборудования с ЧПУ позволяет размещать несколько инструментов и выполнять одновременно нескольких операций, что делает производственный процесс многофункциональным и высокопроизводительным. Возможность взаимного перемещения и изменения углов поворота рабочего инструмента и обрабатываемой детали по многим координатам позволяет повысить точность обработки, поскольку исключает необходимость переустановки заготовок и позволяет выполнять операции со всех сторон детали, кроме места её крепления. Обрабатывающие центры могут оснащаться дополнительными столами (паллетами-спутниками) и устройствами для автоматической смены заготовок, не прерывая работу оборудования, что помогает увеличить его производительность. Оборудование с ЧПУ оснащается контактными и бесконтактными лазерными системами измерения и калибровки инструментов и деталей, позволяет экономить время установки деталей и привязки их к системе координат производственного оборудования, дают возможность осуществлять контроль износа инструмента, взаимное положение деталей и инструментов, геометрию обрабатываемых поверхностей, что улучшает качество и точность обработки. В среднем можно заменить от трёх-пяти станков с ЧПУ до пяти-десяти универсальных станков одним современным обрабатывающим центром, но такое оборудование отличается высокой стоимостью и зачастую используется при изготовлении наиболее технологически сложных изделий.

Цифровая трансформация промышленных предприятий характеризуется принципиально новыми высокотехнологичными подходами в проектировании продукции на основе многоуровневой матрицы целевых показателей и ресурсных ограничений, цифровой платформы автоматизации и системы интеллектуальных помощников, предназначенных для разработки цифровых двойников (Digital Twin) продукции и производства, разработки виртуальных стендов и полигонов, выполнения виртуальных испытаний с целью обеспечения значительного снижения натуральных испытаний и уменьшения времени вывода конкурентоспособной продукции на рынок.

Принципы цифровой трансформации.

- совместимость заключается в способности датчиков, сенсоров, машин, устройств и людей обмениваться информацией и взаимодействовать друг с другом посредством промышленного интернета вещей (IIoT).

- прозрачность является условием такого взаимодействия. В виртуальной среде создается цифровая копия реальных объектов, функций, процессов, систем, точно отображающая всё происходящее с её физическим оригиналом. Постоянный обмен данными между цифровой копией и оригиналом позволяет накапливать информацию обо всех процессах, которые происходят с «умными» продуктами, оборудованием и производством в целом. Этого требует обеспечение возможности сбора данных с датчиков и сенсоров и фиксирования ситуаций, в которых они генерируются.

- техническая поддержка позволяет обеспечить персоналу обоснованное принятие решений на основе сбора, анализа и визуализации информации, необходимой для осуществления процес-

ссыса производства. Такая поддержка при выполнении опасных или рутинных операций может позволить заменить производственный персонал машинами, наделёнными возможностями искусственного интеллекта.

- децентрализация при принятии и реализации управленческих решений осуществляется на основе делегирования соответствующих полномочий киберфизическим системам. В перспективе автоматизация должна быть настолько это вообще возможно, полной: там, где машины могут эффективно работать без вмешательства людей. Производственный персонал при этом, выполняя роль контролеров, может подключиться к выполнению необходимых операций в экстренных и нестандартных ситуациях.

Цифровая трансформация промышленных предприятий имеет свои положительные стороны и возможные риски, которые отображены в таблице.

Положительные стороны и риски цифровой трансформации
Positive aspects and risks of digital transformation

Положительные стороны	Риски
Новые прорывные цифровые технологии, искусственный интеллект, промышленный интернет вещей, анализ больших данных, беспилотный воздушный, водный и наземный транспорт	Зависимость от заимствованных импортных технологий, деградация собственных компетенций, возможность наличия скрытых «закладок» в аппаратном и программном обеспечении
Новые рынки сбыта, бизнес-модели, инновационные производства, массовые информационные услуги и сервисы	Возможность скорого захвата инновационных рынков компаниями экономически развитых стран
Рост производительности труда, эффективности производства, автоматизация, роботизация	Сокращение рабочих мест, ликвидация отдельных специальностей, безработица, социальная напряжённость
Повышение оперативности и стандартизации услуг, исключение посредников, уберизация транспорта, медицины, образования, сферы услуг	Неопределённость в юридической сфере, рост мошенничества, этические проблемы, социальное расслоение
Анализ больших данных, цифровая идентификация личности, кастомизация услуг	Исчезновение приватности, навязчивая реклама, утечка конфиденциальной информации предприятий и персональных данных граждан
Инвестиции, стартапы, цифровые деньги, новые сферы деятельности, новый технологический уклад	Внешнее управление экономикой, цифровой глобализм, цифровая колонизация

Осуществление цифровой трансформации предприятие проходит через ряд этапов.

- Разработка концепции и стратегии цифрового предприятия. Оценка своей текущей цифровой зрелости и установление чётких целей. Выбор бизнес-модели.

- Анализ информации. Определение необходимых цифровых продуктов. Необходимо анализировать информацию с помощью многофункциональной команды экспертов, позже ОРГАНИЗАТОР ПРОИЗВОДСТВА. 2018. Т. 26. № 4

использовать собранные данные для работы организации, принятия решений, проектирования интеллектуальных систем, улучшения продуктов, создания новых предложений и услуг.

- Определение необходимых ресурсов - следует детально определить, требуемые ресурсы для достижения цели, разработать стратегии для привлечения и обучения специалистов, реализа-

ции новых технологий в целях совершенствования бизнес-процессов.

- Создание начальных пробных проектов для проверки жизнеспособности идеи и демонстрации ценности бизнеса. Разработка цифровых двойников продукции, процессов и предприятия. Для ускорения цифровой трансформации, обеспечения прибыльности пробных проектов следует сотрудничать с университетами, фирмами-лидерами в области цифровых технологий, работать с цифровыми стартапами. На основе анализа полученного опыта определить завершённую концепцию цифрового предприятия.

- Преобразование в цифровое предприятие. В целях трансформации традиционного предприятия в цифровое требуется установить четкую регламентацию структуры и функций управления с ясным лидерством, обязательствами и видением топ-менеджмента. Разработать систему мотивации персонала, нивелирующую возможность противодействия цифровым нововведениям. Следует стимулировать цифровую культуру: все сотрудники должны уметь действовать в среде цифровой индустрии, быть готовыми опробовать новые технологии, изучить новые способы эксплуатации оборудования.

Для осуществления цифровой трансформации производства необходима горизонтальная и вертикальная интеграция производственных систем, причём значительная часть используемых в настоящее время информационных систем, могут обмениваться информацией, но следует обеспечить их совместимость на всех уровнях как внутри предприятия, так и между взаимодействующими предприятиями. Создание единого информационного пространства обеспечивает возможность оперативного и своевременного обмена информацией между автоматизированными системами управления предприятием и промышленным оборудованием. В цифровом производстве изготовление продукции может осуществляться по индивидуальным заказам, поэтому потребитель становится непосредственным участником взаимодействия а, значит, и элементом цепочки формирования ценности.

Цифровое обеспечение функционирования производства

Цифровое производство обеспечивает высокий уровень производительности труда и качества продукции, возможность удаленной

совместной работы и кооперации участников проекта, позволяет заметно улучшить контроль за издержками и прогнозируемость процессов производства и управления. Применение программно-аппаратных комплексов производства и контроля качества продукции позволяет избежать ошибок, вызванных человеческим фактором.

По мере развития промышленного интернета вещей, искусственного интеллекта на основе нейросетевых технологий, появляется возможность создания «умного производства», способного оперативно принимать решения по рационализации процесса производства в случае возникновения проблемных ситуаций.

Современная парадигма организации производства отражает возможности осуществления быстрой переналадки оборудования на различные виды продукции, сокращения численности производственного и обслуживающего персонала, перехода к производству новых изделий путём замены управляющих программ в гибких производственных системах и робототехнических комплексах.

Цифровое производство требует организации комплексного информационного сетевого беспроводного взаимодействия компонентов, непрерывного сбора данных от различных сенсоров и датчиков, обмена информацией в целях идентификации сложных событий и критических состояний, их анализа и интерпретации на основе сложившейся ситуации, а также, исходя из полученных результатов моделирования с помощью цифровых двойников, планирования дальнейших действий.

Оборудование, оснащённое цифровыми сенсорами и датчиками, позволяет регистрировать процессы производства с высокой точностью, и на основе получаемой информации встроенные процессоры позволяют самостоятельно принимать решения независимо от центральной системы управления производством в текущей ситуации в рамках делегированных полномочий.

Современные системы цифрового автоматизированного промышленного производства имеют несколько уровней. На физическом уровне, в цехах предприятий, на оборудовании располагаются различные датчики, сенсоры и приводы. На уровне контроля и управления оборудованием находятся программируемые логические контроллеры (PLC - Programmable

Logic Controller), собирающие информацию с датчиков и управляющие приводами. Уровень управления процессами обеспечивают системы диспетчерского управления и сбора данных (SCADA - Supervisory Control And Data Acquisition -) и системы управления производственными процессами (MES - Manufacturing Execution System). Верхний уровень управления составляют системы планирования ресурсов предприятия (ERP - Enterprise Resource Planning,), которые, располагаются на серверах корпоративных Центров обработки данных (ЦОД).

Концепция построения информационно-коммуникационных инфраструктур - промышленного интернета вещей (IIoT - Industrial Internet of Things,), предполагает подключение к сети Интернет оборудования, сенсоров, датчиков, контроллеров, исполнительных механизмов, автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП), интеграцию этих элементов и систем между собой, формирование новых бизнес-моделей создания товаров и услуг и их предоставления потребителям. Внедрение промышленного интернета вещей позволит повысить производительность труда, эффективность процессов производства и управления. Ориентированная на потребителя (кастомизированная) модель экономики должна создаваться на основе цифровизации конструкторской и технологической документации, интеллектуализации производственных и управленческих процессов, аддитивных технологий с применением 3D-принтеров, применения машинного обучения, облачных технологий, обмена данными между субъектами производственного процесса, анализа больших объёмов данных (big data), применения искусственного интеллекта для поддержки разработки и принятия управленческих решений.

Элементы промышленного интернета вещей зависят от облачного хранилища, в котором собирается практически вся производственная информация и реализуется большая часть её обработки и вычислений. Развитие возможностей цифрового производства, использование локальных технологий связи (Wi-Fi Direct, Bluetooth Smart) для децентрализованного прямого обмена данными между датчиками оборудования и обеспечения возможности распределения вычислительных функций между элементами сети для решения задач межмашин-

ного взаимодействия (M2M), позволяет оперативно выполнять периферийные вычисления на самом производственном оборудовании, что снижает задержки в передаче и обработке данных.

Цифровое производство – это концепция подготовки, планирования, реализации производственных процессов в единой информационной виртуальной среде на основе моделирования с использованием цифровых двойников продукции, оборудования и производственных процессов. Организация цифрового производства позволит сокращать время между заказом на проектирование продукции в соответствии с индивидуальными потребительскими требованиями и выпуском на основе цифровой модели готового изделия. Технологии цифрового производства позволяют изготавливать отличающуюся уникальной, сложной геометрической формой продукцию с помощью современных станков с ЧПУ и обрабатывающих центров, промышленных роботов, 3D принтеров. Выигрыш в результате применения концепции цифрового производства состоит в снижении числа ошибок в процессе реального производства посредством их раннего обнаружения и устранения на этапах моделирования в виртуальной среде. Это отражается на снижении затрат на производство, поскольку стоимость устранения ошибок в виртуальной среде всегда намного ниже, чем в процессе реального производства, а также на уменьшении времени подготовки производства, поскольку конструкционные и технологические ошибки заблаговременно обнаруживаются и устраняются в процессе проектирования изделия (например, проверка на собираемость изделия в трехмерной среде с помощью цифрового двойника), следовательно запуск производства реализуется в существенно более сжатые сроки. Организация цифрового производства позволяет экономить время и денежные средства на подготовку реального производства и выпуск продукции.

На предприятиях с цифровым производством большие объёмы данных должны собираться и передаваться сенсорами и датчиками, количество которых растёт в соответствии со сложностью производственных процессов. Поскольку персонал уже не в состоянии справляться с оперативной обработкой этих данных с той же скоростью, что и компьютеры, то производственное автоматизированное оборудо-

дование должно обладать возможностью взаимодействия между собой, что делает более гибкими, эффективными и рентабельными многие логистические и производственные процессы.

Датчики, установленные на транспортных средствах и производственном оборудовании и должны транслировать в реальном масштабе времени данные о рабочих процессах, а компьютерные аналитические системы на основе алгоритмов искусственного интеллекта - выбирать оптимальные режимы работы. Текущая информация с оборудования должна передаваться в единую систему автоматизированного управления с целью анализа ситуаций и выработки решений по регулированию работы предприятия как единого целого и возможной информационно-управленческой интеграции с другими производственными, транспортными и сервисными организациями, задействованными в обеспечении жизненного цикла изделий.

Киберфизические системы отличаются наличием двусторонней связи между компьютеризированными вычислительными средствами и физическими производственными процессами. Процесс сбора, обмена, обработки, анализа информации позволяет проводить диагностику состояния производственной системы, прогнозирование, сравнение и выбор вариантов решений, автоматическую настройку и адаптацию оборудования. Элементы киберфизических систем могут находиться как в единой производственной зоне, так и на удалённом расстоянии друг от друга, причём их взаимодействие осуществляется на всех стадиях жизненного цикла изделий [12, 13].

Цифровая поддержка жизненного цикла изделий

Концепция цифрового производства предполагает осуществление подготовки производства, процесса производства, логистических процессов, маркетинга, связи с потребителями в единой виртуальной среде, которая позволяет сопровождать изделие на этапах разработки продукта и конструкторской документации, разработки технологии производства, подготовки и запуска производства, снабжения материалами и комплектующими, процесса производства, сбыта, эксплуатации и обслуживания продукции, ремонта и утилизации.

При этом следует различать цифровой и интернет-маркетинг, который является составной частью цифрового маркетинга как более широкого понятия. Цифровой маркетинг предполагает осуществление исследования рынка, запросов потребителей, рекламной деятельности, продвижения товаров с помощью интернета, цифровых средств коммуникаций, телевидения, радио, цифровых табло, расположенных на улице, в помещениях, на транспорте и т. п.

Компьютерное интеллектуальное сопровождение процессов жизненного цикла изделий (CALS) позволяет отображать бизнес-процессы в виртуальной электронной среде в электронном цифровом виде, что делает возможным информационную интеграцию производственных процессов, совместное использование данных за счёт стандартизации технологий их представления, причём информационные результаты предшествующих процессов становятся исходными данными для следующих.

Организация управления жизненным циклом продукции требует заниматься подготовкой и повышением квалификации управленческих, конструкторских, технологических, инженерных, технических, производственных, финансово-экономических, кадров с целью получения компетентного, высококвалифицированного, мобильного персонала, способного быстро адаптироваться к новым производственным условиям и задачам.

Для разработчиков новой конкурентоспособной продукции необходимо владение компетенциями и навыками, которые делают возможным создание в электронном виде конструкторской документации, применять методы создания модельных прототипов (цифровых двойников) продукции в виртуальной среде, что позволяет проводить модельные эксперименты для исследования поведения в различных условиях разрабатываемых изделий. Это даёт возможность снизить вероятность ошибок и ускорить достижение параметров продукции, установленных в технических заданиях.

Программное обеспечение конструкторской и технологической подготовки производства в современных условиях должно повысить производительность и качество работы конструкторов и технологов, позволяя реализовать принципы параллельности и групповые методы работы над проектом. Создание системы конструкторской и

технологической подготовки, сформированной по территориально-распределённому принципу, позволяет распределять в пространстве и во времени процессы проектирования изделий и разработки технологических процессов, обмениваться конструкторской и технологической информацией в электронном виде между разработчиками и предприятиями.

Понятие «цифровое производство» подразумевает применение технологий имитационного и математического цифрового моделирования при проектировании продукции, производственных и организационно-управленческих процессов на протяжении всего жизненного цикла изделий, что позволяет принимать обоснованные рациональные решения по снижению затрат, повышению качества и конкурентоспособности продукции [14, 15].

Цифровое моделирование предполагает создание цифровых двойников продукции и процессов её производства, то есть отработку процессов изготовления изделия на виртуальной модели, включающей в себя цифровые копии оборудования, производственных процессов и персонала предприятия.

Развитие цифрового производства обеспечивает высокое качество процессов и невозможно без бизнес-аналитики [16] больших массивов данных (big data), использования облачных технологий, аддитивных производственных технологий и дополненной реальности.

Промышленный интернет вещей использует возможности объединения оборудования в единую сеть, в которую поступают как управляющие команды, так и информация с большого количества датчиков, установленных, как на оборудовании, так и на производимой продукции, причём даже в течение всего её жизненного цикла. Промышленные роботы получают всё большую функциональность и могут выполнять работу как независимо, так и в режиме коллаборации с производственным персоналом.

Производственному персоналу, занимающемуся изготовлением продукции необходимо владение знаниями, компетенциями и навыками, позволяющими осуществлять эксплуатацию 3D-принтеров, сложного роботизированного оборудования, гибких производственных систем и обрабатывающих центров с числовым программным управлением. Управление сложными высокотехнологичными производственными

системами требует использования специальных тренажёров, реализованных в виртуальной среде с помощью имитационных моделей, для обучения производственного персонала, что позволит работникам развить необходимые компетенции и нивелировать вероятность выхода из строя оборудования в результате её неверной эксплуатации.

Квалифицированный сервис и ремонт высокотехнологичной сложной продукции невозможен без обучения обслуживающего персонала навыкам работы с помощью оборудования дополненной реальности с возможностью отображения эксплуатационной и ремонтной документации, каталогов запасных частей и комплектующих, представленных в электронной форме. Для их успешной работы необходимо развитие компетенций и навыков проведения консультаций в онлайн режиме при удалённом доступе с организациями, занимающимися разработкой и производством продукции с целью согласования мероприятий по восстановлению и дальнейшему обеспечению работоспособности техники.

При утилизации высокотехнологичной сложной продукции от персонала требуется освоение навыков и компетенций, способствующих рациональному выбору вариантов решений по безопасной переработке и ликвидации вредных для природы и человека материалов и возвращению в оборот материалов ценных для производства.

Подготовка квалифицированного персонала для цифрового производства

Обеспечение современного цифрового производства требует осуществления подготовки техническими вузами компетентных кадров, выпускаемых как кафедрами технической специализации, так и ведущих подготовку специалистов маркетинговых, финансовых, планово-экономических, производственно-диспетчерских, логистических служб промышленных предприятий, обладающих навыками использования современных программных продуктов моделирования и управления предприятиями. Это позволит обеспечить организацию цифровой трансформации производства, нацеленного на выпуск инновационной конкурентоспособной продукции и ускорить процессы коммерциализации передовых разработок [17].

Современное производство отличается постоянным увеличением сложности оборудования, ростом уровня его автоматизации на основе цифрового управления, появлением беспилотного транспорта и новых аддитивных технологий, что приводит к необходимости освоения новых профессиональных компетенций и повышения уровня квалификации персонала. Этому может способствовать целенаправленное взаимодействие между предприятиями и вузами по обеспечению компетентными кадрами и осуществлению подготовки на высоком уровне научных, организационно-экономических, управленческих, инженерно-технических кадров.

Показателями степени взаимодействия в подготовке кадров в сфере цифровой трансформации производства могут служить следующие: количество студентов, обучающихся в высших учебных заведениях по целевому набору в соответствии с заказами предприятий и организаций; объём финансирования целевой подготовки студентов предприятиями и организациями; число сотрудников организаций и предприятий, прошедших переподготовку и повышение квалификации в высших учебных заведениях и объём финансирования такой деятельности; количество сотрудников организаций и предприятий, принявших участие в подготовке и реализации образовательных программ в высших учебных заведениях; число преподавателей и аспирантов высших учебных заведений, прошедших стажировку в научно-производственных организациях и на предприятиях; количество студентов высших учебных заведений, прошедших производственную практику на предприятиях и в научно-производственных организациях; количество студентов в высших учебных заведениях, принятых на работу на предприятия и в научно-производственные организации по результатам производственной практики.

В целях постоянного обмена актуальной научно-технической и организационно-экономической информацией необходимо организовывать сотрудничество предприятий и профильных высших учебных заведений, в рамках которого читаются лекции, проводятся совместные семинары, круглые столы и конференции, в том числе и в виде вебинаров и видеоконференций с помощью образовательной

среды, включая современные средства мобильной и интернет-коммуникации.

Заключение

Организация производства в условиях цифровой экономики охватывает комплекс методов, приёмов и мероприятий, позволяющих обеспечить наиболее эффективные сочетания обладающих необходимой компетенцией высококвалифицированных работников в процессе труда с инновационными средствами и предметами труда в пространстве и времени для достижения целей производства на базе цифровизации управления жизненным циклом продукции. Единое информационное пространство позволяет осуществлять поддержку реализации процессов на протяжении жизненного цикла изделий, включая маркетинговые исследования, проектирование продукции, снабжение, подготовку производства, производство, контроль качества, упаковку, складскую логистику, реализацию, транспортную логистику, эксплуатацию, обслуживание и ремонт, утилизацию. Вследствие необходимости повышения темпов цифровой трансформации производства, заинтересованным организациям и предприятиям необходимо активно взаимодействовать с профильными высшими учебными заведениями для проведения совместного анализа и согласования образовательных стандартов и рабочих учебных программ в сфере профессионального и дополнительного образования в русле развития отраслевых профессиональных стандартов.

Библиографический список

1. Бодрунов С. Д. Реиндустриализация: социально-экономические параметры реинтеграции производства, науки и образования // Социологические исследования. 2016. №. 2. С. 20-28.
2. Валентей С. Д., Белозерова С. М., Бушмин Е. В. Реиндустриализация экономики России в условиях новых угроз // М.: РЭУ им. Г.В. Плеханова. 2015. 71 с.
3. Управление промышленным предприятием в условиях новой индустриализации / [Силин Я. П., Анимича Е. Г., Новикова Н. В. и др.]; под общ. ред. Я. П. Силина ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. гос. экон. ун-т. Екатеринбург : Изд-во Уральского гос. экономического ун-та, 2016. 270 с.

4. Амелин С.В., Щетинина И.В. Организация высокотехнологического производства конкурентоспособной продукции // ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. 2017. № 12 (137). С. 25-36.
5. Амелин С.В. Совершенствование организации управления производством в условиях новых информационных технологий // Вестник ВГТУ. 2013. №3.1. С.159-162.
6. Berger R. The digital transformation of industry // Study commissioned by the Federation of German Industries(BDI), Munich (www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_digital_transformation_of_industry_20150315.pdf). 2015.
7. Hess T., Matt, C., Benlian, A., & Wiesböck, F. et al. Options for Formulating a Digital Transformation Strategy // MIS Quarterly Executive. 2016. Vol. 15. No. 2. pp. 103-119
8. Schweer D., Sahl J. C. The Digital Transformation of Industry—The Benefit for Germany //The Drivers of Digital Transformation. Springer, Cham, 2017. P. 23-31. https://doi.org/10.1007/978-3-319-31824-0_3
9. Куприяновский В. П. и др. Трансформация промышленности в цифровой экономике - проектирование и производство // International Journal of Open Information Technologies. 2017. Т. 5. №. 1. С. 50-70
10. Ключевой принцип цифровой трансформации / Режим доступа: www.pwc.ru/ru/publications/PwC-Siemens-Digital-transformation
11. Что такое цифровое предприятие ? И как им стать - www.docflow.ru/news/analytics/detail.php?ID=32175
12. Амелин С.В. Цифровизация производства, как фактор повышения его эффективности // Теория и практика организации и управления промышленными предприятиями: проблемы и пути решения: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Воронеж: ФГБОУ ВО "Воронежский государственный технический университет", 2017. Ч.1. С.12-17.
13. Куприяновский В. П., Намиот Д. Е., Сянгов С. А. Кибер-физические системы как основа цифровой экономики // International Journal of Open Information Technologies. 2016. Т. 4. №. 2. С. 18-25
14. Амелин С.В., Щетинина И.В. Экономическое обоснование управленческих решений по повышению конкурентоспособности продукции // Экономика и предпринимательство. 2016. № 11-4 (76-4). С. 913-917.
15. Амелин С.В., Щетинина И.В. Выбор рациональных решений на основе анализа конкурентоспособности продукции предприятия // Современная экономика: проблемы и решения. 2016. Т. 84. № 12. С. 39-47.
16. JayLee, EdzellLapira, BehradBagheri, Hung-an Kao. Recent advances and trends in predictive manufacturing systems in big data environment // Manufacturing Letters. Volume 1, Issue 1, October 2013, 38 - 41.
17. Григорьев С. Н., Мартинов Г. М. Методы и инструментальные средства многоуровневой подготовки специалистов в области цифрового машиностроительного производства // Автоматизация в промышленности. 2015. Т. 5. С. 4.

Поступила в редакцию – 27 ноября 2018 г.

Принята в печать – 17 декабря 2018 г.

References

1. Bodrunov S.D. (2016) Re-industrialization: socio-economic parameters of the reintegration of production, science and education. *Sociologicheskie issledovaniya* = Sociological Studies, 2, 20-28.
2. Valentey S.D., Belozerova S.M., Bushmin E.V. (2015) Re-industrialization of the Russian economy in the context of new threats. Moscow: Russian Economic University, named after G.V.Plekhanov, 71 p.
3. Silin Y.P., Animitsa E.G., Novikova N.V. (2016) The industrial enterprise management in the conditions of new industrialization. Under general editorship of Y.P.Silin; The RF Ministry of Education and Science, the Ural State Economic University. Ekaterinburg: The Publishing House of the Ural State Economical University, 270 p.
4. Amelin S.V., Shchetinina I.V. (2017) The organization of high-tech production of competitive products. *FES: Finansy. Ekonomika. Strategija*. = FES: Finance. Economy. Strategy, 2(137), 25-36.

5. Amelin S.V. (2013) Improving the organization of production management in the context of new information technologies. *Vestnik VGTU = The Bulletin of VSTU*, 3.1, 159-162.
6. Berger R. The digital transformation of industry. The study commissioned by the Federation of German Industries (BDI), Munich (www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_digital_transformation_of_industry_20150315.pdf). 2015.
7. Hess T., Matt, C., Benlian, A., & Wiesböck, F. et al. The options for formulating a digital transformation strategy // *MIS Quarterly Executive*, 2016, 15, (2), 103-119.
8. Schweer D., Sahl J. C. The Digital Transformation of Industry –The Benefit for Germany. The Drivers of Digital Transformation. Springer, Cham, 2017. PP. 23-31. https://doi.org/10.1007/978-3-319-31824-0_3
9. Kupriyanovsky V.P. (2017) The industrial transformation in the digital economy: planning and production // *The International Journal of Open Information Technologies*, 5, 1, 50-70.
10. The key principle of digital transformation. Access mode: www.pwc.ru/ru/publications/PwC-Siemens-Digital-transformation
11. What is a digital enterprise and how to become it? - www.docflow.ru/news/analytics/detail.php?ID=32175
12. Amelin S.V. (2017) Digitalization of production as a factor of increasing its efficiency. Theory and practice of organization and management of industrial enterprises: problems and solutions: the materials of the international scientific-practical conference. Voronezh: Voronezh State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Voronezh State Technical University», Part 1. 12-17.
13. Kupriyanovskiy V.P., Namiot D.E., Sinyagov S.A. (2016) Cyber-physical systems as a basis of the digital economy. *International Journal of Open Information Technologies*, 4(2), 18-25.
14. Amelin S.V., Schetinina I.V. (2016) The economic rationale for management decisions to improve the competitiveness of products. *Ekonomika i predprinimatel'stvo = Economy and entrepreneurship*, 11-4 (76-4), 913-917.
15. Amelin S.V., Schetinina I.V. (2016) The choice of rational decisions based on analysis of the competitiveness of enterprise product. *Sovremennaja jekonomika: problemy i reshenija = Modern economy: problems and solutions*, 84(12), 39-47.
16. JayLee, EdzelLapira, BehradBagheri, Hung-an Kao. Recent advances and trends in predictive manufacturing systems in big data environment. / *Manufacturing Letters*, 1(1), October 2013, 38 - 41.
17. Grigoriev S.N., Martinov G.M. (2015) The methods and tools for multilevel training of specialists in the field of digital machine-building production. *Avtomatizacija v promyshlennosti = Automation in Industry*, 5, 4.

Received – 27 November 2018.

Accepted for publication – 17 December 2018.