

**И. Ю. Матушкина, Е. Е. Гузюк, Н. А. Гладких, А. В. Тимиргалиев**

**I. Y. Matushkina, E. E. Guzyuk, N. A. Gladkikh, A. V. Timirgaliev**

*ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина», Екатеринбург*

*Ural Federal University named after the first  
President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg*

*irinam@urfu.ru*

## **МОДЕЛЬ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ**

### **WELDING PRODUCTION MODEL IN THE CONDITIONS OF DIGITAL TRANSFORMATION**

***Аннотация.** Настоящая статья посвящена вопросу создания цифрового сварочного производства. В данной статье рассматриваются факторы, влияющие на цифровизацию, и предлагается модель сварочного производства в условиях цифровой среды.*

***Abstract.** This article is devoted to the creation of digital welding production. This article discusses the factors influencing digitalization and proposes a model of welding production in a digital environment.*

***Ключевые слова:** цифровое производство; сварочное производство; автоматизация.*

***Keywords:** digital production; welding production; automation.*

Последнее время во все языки мира проникли такие понятия, как «smart city», «smart grid», «smart factory», а цифровизация стала главной темой в рамках программ: «Цифровая экономика», «Цифровая энергетика», «Цифровое сельское хозяйство». На повестке дня большинства крупных холдингов и промышленных предприятий всё чаще поднимается тема перехода от автоматизации к Индустрии 4.0. В рамках данной концепции предполагается, что все или почти все стадии промышленного цикла – включая разработку, изготовление, тестирование, хранение, продажу и закупку – проходят без активного участия человека.

Организация современных производств не позволяет следить за всеми параметрами процессов вручную, многие из них требуют постоянного мониторинга и оперативного вмешательства не только в процесс производства, но и последующие стадии жизненного цикла продукции.

Проблема сбора параметров течения технологических процессов нашла своё решение в 80-х годах прошлого столетия с изобретения первых промышленных программируемых контролеров, в то же время началась работа по автоматизации отдельных производственных операций, однако универсальной

модели цифровизации промышленного производства не существует до сих пор. Отсутствие такой модели легко объяснимо при пошаговом рассмотрении всех факторов, влияющих на цифровизацию.

Первый фактор это информационный. Данный фактор включает в себя наличие, доступность и достоверность информации о процессе цифровизации в целом. Только верное понимание сути процесса позволит грамотно выстроить стратегию внедрения цифровых технологий на производство, учитывающую все риски и возможности.

Следующий фактор это финансовый. Внешний аспект данного фактора – это стоимость внедрения цифровых технологий и экономический эффект этого решения. Огромное влияние на этот фактор в пределах России оказывает перенасыщенность рынка труда дешёвой рабочей силой, что делает цифровую трансформацию производства экономически нецелесообразным. Так, Сухарёв О. С. отмечал, что цифровизация является неоднородным явлением, и имеет свои издержки внедрения и поддержания в работе, которые не всегда перекрываются эффектом использования. Ещё одним внешним аспектом является система государственной поддержки на этапах создания и внедрения цифровых технологий. Цифровизация становится главным вектором экономической политики России, так в 2018 г. была объявлена национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» [1]. Поддержка государства позволяет снизить финансовую нагрузку на предприятие, что облегчает процесс цифровизации. Внутренним финансовым фактором главным образом выступают финансовые возможности предприятия.

Технологический фактор. Внешней составляющей данного фактора будет являться та среда, в которой существует организация. Цифровизация дает максимальный эффект при сквозном внедрении по всей цепочке не только производства, но и дальнейшей эксплуатации продукта. И в отношении этого фактора Россия имеет некоторые успехи, по индексу развития ИТК наша страна занимает 45-е место, а число интернет-пользователей старше 16 лет достигает более 90 млн чел. [2]. Хотя всё это не связано напрямую с промышленностью, однако создает благоприятные условия для развития цифровых технологий.

Негативной стороной данного вопроса является зависимость от зарубежных производителей оборудования, так в 2021 году около 40 % использованных производственных технологий, связанных с информационно-коммуникационными технологиями (ИКТ), были приобретены за рубежом. Внутренним аспектом этого фактора будет являться качественная составляющая основных фондов – невозможно интегрировать цифровые технологии в морально уста-

ревшее производство. Базой для построения Индустрии 4.0 является автоматизированное производство, важное значение будет играть доля станков с ЧПУ, доля применения аддитивных технологий, наличие роботов [2].

Кадровый фактор. Внешняя часть данного фактора заключается в наличии специалистов на рынке труда. Рост доли внедрения цифровых технологий в производство порождает спрос на квалифицированных специалистов в этой области, и как следствие потребность специальных образовательных программ. Однако эта проблема активно решается не только на уровне государственного образования, но силами частных компаний, таких как: «Лаборатория Касперского», «GeekBrains», «Skillfactory» и т.п. Внутренний аспект данного фактора – представляет собой квалификации персонала, задействованного в работе производства.

Вследствие низкого развития промышленной цифровизации, квалификации персонала в данной области также находятся на низком уровне. Так по данным исследования «Шесть барьеров на пути цифровой трансформации и стратегии по их преодолению» выявлено, что только 15 % руководителей обладают навыками облачных вычислений, цифровой безопасности и т.п. Так же большое значение имеют амбиции работников, так как переход к цифровым технологиям потребует от них повышения уровня квалификации, а в некоторых случаях и приобретения абсолютно новых компетенций.

Рыночный фактор. Данный фактор учитывает общие тенденции рынка. Например, требования заказчиков к срокам изготовления и качеству продукции. В общем случае продукция цифрового производства имеет большую точность и скорость исполнения, а некоторые изделия невозможно получить на «традиционном» производстве. Однако если данные показатели продукции не востребованы на рынке, то и выгоды цифровизации по данному фактору будут незначительны.

Ещё одной составляющей данного фактора будет являться конкурентная среда. Внедрение цифровых технологий позволит повысить конкурентоспособность, за счёт повышения эффективности использования ресурсов и производственного потенциала. Поэтому стратегия развития производства должна учитывать темпы собственной цифровизации, но и темпы цифровизации конкурентов.

Фактор безопасности. По прогнозу IHS к 2025 году более 75 млрд устройств будет подсоединено к промышленному интернету [3]. Весь этот объём нуждается в постоянной защите, и речь идёт не только о результатах интеллектуальной деятельности, но и об оборудовании, о предотвращении атак с целью создания аварийных ситуаций, о кибербезопасности. В настоящий момент на российском рынке существует ограниченное число готовых решений

по созданию кибербезопасной производственной среды (продукты компании «АПРОТЕХ»). Однако их распространение в настоящий момент замедленно общими низкими темпами цифровизации.

Передовиками цифровизации сварочного производства является финская компания «Kemppi». Они пришли к выводу, что цифровизация это создание новой экономической модели, требующая внедрения во все этапы производства начиная с закупки материалов заканчивая формированием цифрового паспорта изделия, и в первую очередь, должно быть внедрено на сварку ответственных конструкций после чего уже только на серийное производство. Это решение позволит снизить риск появления опасностей и последствий при эксплуатации сварных конструкций. А также результаты анализа могут быть использованы в образовательных целях и научно-исследовательских работах.

Авторами статьи предлагается модель сварочного производства в цифровой среде (рис. 1) как автоматизация процессов и сбора данных на всех этапах. Они поступают на сервер для анализа, после обработки поступает обратная связь на оборудование (необходимый режим сварки/термообработки, химический состав металла/металла шва и т.п.), что позволит мониторить все производство, оптимизируя время и исключая ошибки, приводящие к систематическим погрешностям или браку целых партий.

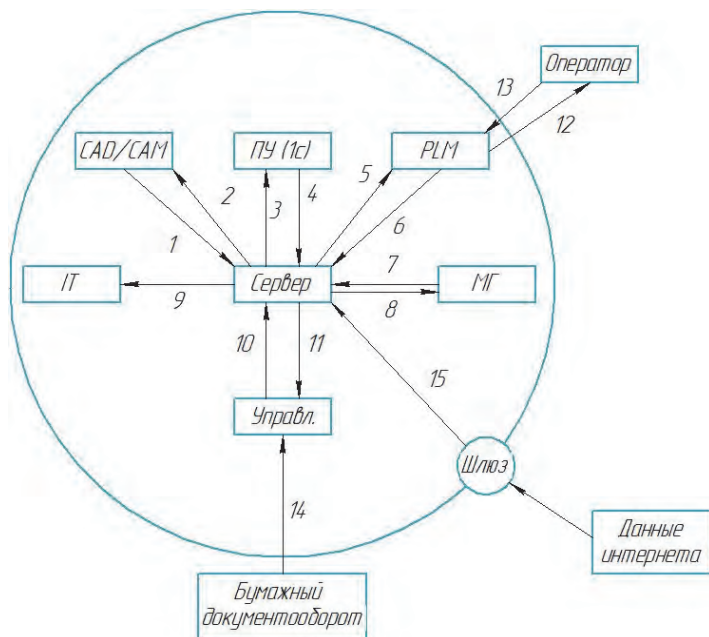


Рис. 1. Модель сварочного производства в цифровой среде

В соответствии с данной моделью предполагается, что конструкторско-технологический отдел (КТО) при помощи CAD/CAM систем разрабатывает конструкторско-технологическую документацию (КТД) по стандартизованным WPS (спецификация процедуры сварки), подгружаемых с сервера по связи 2 или разрабатывает КТД, после чего подгружают их на сервер по связи 1.

Следующий шаг – согласование с Программами учета (ПУ). Сервер отправляет техническое задание с КТД по связи 3, где ПУ ведет учет затраченных ресурсов и дает обратную связь о нехватке каких-либо комплектующих по связи 4. Далее если такие комплектующие не производятся на этом же предприятии и ее филиалов – Сервер отправляет запрос в отдел закупок. В ином случае отправляется задание на производство комплектующих на PLM системы предприятия и филиалов через связь 5, в случае с филиалами также формируется запрос специалистам по логистике.

При работе PLM систем дается обратная связь на сервер обо всех параметрах процесса по связи 6, что позволит анализировать сварочные процессы на разных режимах и типах сварки. Таким образом будут осуществляться обратные связи о дефектах или ошибках, приводящих к систематическому браку. Информация об ошибках и дефектах автоматически отправляются по связи 2 в отдел КТО для доработки процессов, а оставшиеся результаты получают по запросу для анализа или опытно-конструкторских разработок.

Также PLM системы отправляют сигналы оператору по связи 12, и он дает обратную связь по связи 13. При этом предполагается, что оператор находится вне системы и является внешним информационным потоком. Также сервер при необходимости создает запросы монтажной группе (МГ) по связи 8, которая в свою очередь выполняет работы и дает обратную связь через связь 7. При диагностике системы сервер отправляет отчет об ошибках в IT-отдел по связи 9.

Данные из интернета (на подобии электронных баз данных ГОСТ и т. п.) попадают на сервер по связи 15, но для того, чтобы попасть внутрь системы данные проходят через шлюз, выполняющий проверку данных. Управляющее звено получает бумажный документооборот извне системы по связи 14 и оцифровывая добавляет его в базу данных сервера по связи 10, и получают по запросам необходимые данные по связи 11.

В роли диспетчера выступает сервер ИИ, т. к. он крайне быстро обучаем по анализам проведенных процессов, он быстрее найдет зависимости характеристик сварного шва от режимов сварки и химических составов. Предположи-

тельно первое время пока идет обучение ИИ человеку придется контролировать выполнение и сбор данных для подгрузки ИИ, но потом эти 6 основных связей будут полностью автоматизированы.

Предложенная модель сварочного производства в условиях цифровизации имеет ряд преимуществ: автономность, стабильность, быстродействие, безопасность и обеспечивает необходимую точность производства.

При внедрении данной модели в реальное производство предприятиям необходимо будет обеспечить наличие источника бесперебойного питания для обеспечения стабильности системы, наличие дополнительного хранилища и обеспечения независимости системы от внешних факторов за счет качественных и надежных комплектующих, наличия шлюзов. Для обеспечения необходимой точности производства предприятиям необходимо будет предусмотреть наличие систем слежения за реализацией производственного процесса.

Данная модель имеет ограничение по этапам планирования и внедрения. Авторами статьи предлагается алгоритм поэтапного перехода предприятия к цифровому производству. Начиная от этапа оценки готовности предприятия к внедрению цифровизации до обучения персонала и ввода в эксплуатацию системы.

Выводом из выше сказанного является необходимость дальнейшего развития цифровизации сварочного производства в области создания моделей, оборудования, подготовки персонала, подготовки нормативно-методического обеспечения и т.д. Внедрение цифровых технологий неизбежный процесс, и чем раньше удастся его пройти, тем на более высоком уровне окажется промышленность России.

#### *Список литературы*

1. Шиплюк, В. С. Систематизация факторов цифровизации производства / В. С. Шиплюк // Научные записки молодых исследователей. – 2020. – Т. 8. № 6. – С. 58–66.
2. Кузнецова, Г. В. Цифровизация и отечественное машиностроение: перспективы и риски / Г. В. Кузнецова, В. В. Коровкин. – DOI 10.24891/ni.16.4.678// Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2020. – Т. 16. № 4 (385). – С. 678–694.
3. Лаборатории Касперского: официальный сайт. – URL: <http://kaspersky.vedomosti.ru/industrii/industry4>. – Текст : электронный.