

DOI: 10.25987/VSTU.2019.16.82.003

УДК 658.7.011.1

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ RFID-ТЕХНОЛОГИЙ В УПРАВЛЕНИИ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ЭКОНОМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ В УСЛОВИЯХ
РЕАЛИЗАЦИИ ЧЕТВЁРТОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕВОЛЮЦИИ**

И.Л. Авдеева, Т.А. Головина, А.В. Полянин

Среднерусский институт управления – филиал РАНХиГС
Россия, 302028, г.Орел, бульвар Победы, д.5А

Введение. Развитие информационных технологий и коммуникационных устройств создало условия для построения производства, ориентированного на выпуск массового и в то же время индивидуализированного продукта, что легло в основу концепции Industry 4.0. Авторами выявлены изменения PLM-систем, которые выполняют ключевую роль в процессах разработки, производства и обслуживания продуктов. В статье сделан вывод о том, что PLM-системы становятся не только центральным репозиторием данных, связанных с продуктом, бизнес-процессами, производственными процессами, инструментами для объединения менеджеров и инженеров в единое информационное пространство, но и стратегическим бизнесом инновационных продуктов, их разработки и внедрения. Ввиду необходимости производить персонализированный продукт, значительно усложняется процесс контроля за жизненным циклом изделия.

Данные и методы. В статье использованы логический, аналитический и сравнительный методы в целях изучения механизмов использования цифровых технологий управления производственными экономическими системами в условиях реализации четвёртой промышленной революции. Для преодоления проблем идентификации авторами предлагается использовать технологии RFID, имеющие широкие возможности хранения и чтения данных.

Полученные результаты. Результатом работы является анализ главных трендов развития промышленных экономических систем и описание усовершенствованной архитектуры автоматизации производственных бизнес-процессов.

Заключение. Результаты исследования могут быть использованы в качестве теоретической и практической основы для внедрения RFID-технологий в управлении производственными экономическими системами в условиях реализации четвёртой промышленной революции.

Ключевые слова: промышленность, производственные экономические системы, цифровые технологии, RFID-технологии.

Сведения об авторах:

Ирина Леонидовна Авдеева (канд. экон. наук, доцент, i-avdeeva-i@yandex.ru), доцент кафедры менеджмента и государственного управления

Татьяна Александровна Головина (д-р экон. наук, профессор, kafedramunh@mail.ru), заведующий кафедрой менеджмента и государственного управления

Андрей Витальевич Полянин (д-р экон. наук, профессор, kafedramunh@mail.ru), профессор кафедры менеджмента и государственного управления

On authors:

Irina L. Avdeeva (Cand. Sci. (Economy), Assistant Professor, i-avdeeva-i@yandex.ru), Assistant Professor of management and public administration

Tatiana A. Golovina (Dr. Sci. (Economy), Professor, kafedramunh@mail.ru) head of the Department of management and public administration

Andrey V. Polyinin (Dr. Sci. (Economy), Professor, kafedramunh@mail.ru) Professor of management and public administration

Для цитирования:

Авдеева И.Л., Головина Т.А., Полянин А.В. Использование RFID-технологий в управлении производственными экономическими системами в условиях реализации четвёртой промышленной революции // Организатор производства. 2019. Т.27. №3. С. 33-45 DOI: 10.25987/VSTU.2019.16.82.003

USE OF RFID TECHNOLOGIES IN MANAGEMENT OF PRODUCTION ECONOMIC SYSTEMS UNDER CONDITIONS IMPLEMENTATION OF THE FOURTH INDUSTRIAL REVOLUTION

I.L. Avdeeva, T.A. Golovina, A.V. Polyinin

Central Russian Institute of Management, Branch of RANEPА
Russia, 302028, Orel, Victory Boulevard, 5A

Introduction. *The development of information technologies and communication devices has created the conditions for the construction of production, focused on the production of mass and at the same time individualized product, which formed the basis of the concept of Industry 4.0. The authors revealed changes in PLM systems that play a key role in the processes of development, production and service of products. The article concludes that PLM systems become not only the central repository of data related to the product, business processes, production processes, tools for combining managers and engineers into a single information space, but also the strategic business of innovative products, their development and implementation. Due to the need to produce a personalized product, the process of monitoring the product life cycle is greatly complicated.*

Data and methods. *The article uses logical, analytical and comparative methods to study the mechanisms of using digital technologies in the management of industrial economic systems in the context of the fourth industrial revolution. To overcome the problems of identification, the authors propose to use RFID technology with wide capabilities for storing and reading data.*

Results obtained. *The result of the work is an analysis of the main trends in the development of industrial economic systems and a description of an improved architecture for automating production business processes.*

Conclusion. *The results of the study can be used as a theoretical and practical basis for the introduction of RFID technologies in the management of industrial economic systems in the context of the fourth industrial revolution.*

Key words: *industry, manufacturing economies, digital technologies, RFID technologies*

For quoting:

Avdeeva I.L., Golovina T.A., Polyinin A.V. Use of rfid technologies in management of production economic systems under conditions implementation of the fourth industrial revolution // Organizator Proizvodstva. 2019. V.27. №3. 33-45 DOI: 10.25987/VSTU.2019.16.82.003

Введение

В настоящее время уровень глобализации продолжает расти за счёт беспрецедентного развития информационных технологий и коммуникационных устройств. Следуя глобальным тенденциям виртуализации производства в рамках концепции «четвёртой промышленной революции», современные предприятия для

сохранения конкурентоспособности вынуждены менять производственные процессы, сталкиваясь с новыми вызовами и задачами. Стандартные подходы к управлению производством уже не позволяют удерживать доходность предприятий на желаемом уровне.

Интернет вещей (Internet of Things, IoT) – это концепция описывающая соединение реальных

объектов с виртуальным миром через сеть Интернет. В основе понятия интернета вещей лежит следующая идея: если масса реальных объектов будет связана через Интернет, то все подключённые системы будут коммутировать друг с другом и образуют тандем, который позволит

сформировать новый пользовательский опыт от взаимной интеграции систем и устройств.

Представим в таблице две группы факторов, влияющих на скорость внедрения цифровых технологий [1].

Две группы факторов, влияющих на скорость внедрения цифровых технологий
Two groups of factors affecting the speed of adoption of digital technologies

1. Внутренние возможности организации	2. Стимулы для цифровизации
1.1. Наличие стратегического решения и возможности его реализации, что характеризуется компетенциями руководства компании и качеством процессов управления	2.1. Уровень конкуренции в отрасли, стимулирующий руководство предприятий к повышению производительности труда
1.2. Знания и навыки сотрудников, необходимые для цифровой трансформации: не только ИТ-специалистов, но также знания и навыки других специалистов в области цифровых технологий (при этом уровень знаний низкоквалифицированных сотрудников также имеет существенное влияние)	2.2. Наличие доступа к цифровым технологиям и открытость рынка, доступность финансирования для инвестиций в цифровые технологии, возможности гибкого входа и выхода из проектов в условиях рискованных инвестиций в новые технологии
1.3. Эффективное распределение ресурса персонала компании с учетом умений и знаний.	2.3. Гибкость трудового законодательства с точки зрения перераспределения ресурсов, наличие дополнительных налоговых и регуляторных льгот.

Наличие внутренних возможностей и дополнительных стимулов для цифровизации дает предприятиям возможность начать движение по пути трансформации. Однако даже при наличии необходимых ресурсов компании сталкиваются с внутренней резистентностью, нежеланием менять бизнес-процессы, трудностями интеграции с «традиционными» решениями. Необходимо помнить, что цифровая трансформация предприятий – это не замена всех сотрудников роботами, но расширение возможностей руководителей и работников за счет новых технологий. Более 60% руководителей промышленных предприятий считают, что цифровизация создаст дополнительные рабочие места, а не сократит их количество.

На этой идее основан промышленный интернет вещей (Industrial Internet of Things, IIoT), где через сеть могут взаимодействовать как клиент с машинами, например, размещая индивидуальный заказ на производство, так и машины с машинами в процессе выполнения этого заказа. Такая интеграция позволяет решать поставлен-

ные задачи клиентом независимо и гибко.

Для обеспечения такого H2M (Human to Machine) и M2M (Machine to Machine) взаимодействия индустрия информационных технологий (ИТ) предлагает решения на базе облачных технологий.

Данные и методы

Облачные технологии представлены набором сервисов, которые удалённо предоставляют клиентам (как человеку, так и машине) определённый спектр ресурсов и услуг. Облачные технологии позволяют объединить распределённые объекты в единое информационное пространство, что является необходимым условием организации гибких производств [2].

Термин Industry 4.0, или четвёртая промышленная революция, впервые был озвучен на крупнейшей промышленной международной выставке Hannover Fair 2011 в Ганновере (Германия) и включал в себя инициативы по развитию конкурентоспособности обрабатывающей промышленности. Эти инициативы гласили, что кибер-физические системы, вклю-

чая робототехнические комплексы, системы складирования и другие производственные объекты должны быть способны обмениваться информацией, выполнять действия и контролировать друг друга независимо.

Это должно привести к фундаментальным улучшениям показателей процессов производства, проектирования, использования материалов и контроля жизненного цикла изделий [3].

Первая промышленная революция зародилась в Англии в конце XVIII века и ознаменовалась замещением ручного труда паровыми машинами.

Применение паровых машин коренным образом повлияло на развитие металлургических, текстильных и горнодобывающих производств.

Вторая промышленная революция произошла в начале XX века, когда была проведена электрификация производств, что незамедлительно повысило эффективность предприятий. В этот период времени начинает применяться конвейерная сборка и производство становится массовым; также значительно растёт уровень глобализации за счёт развития телеграфа, железных дорог и водного сообщения [4].

Третья промышленная революция связана с переходом производства с аналоговых систем на цифровые и датируется 70-ми годами XX века. Она была вызвана серьёзным развитием компьютерных, информационных и коммуникационных систем. На производствах начинают активно применяться робототехнические комплексы под управлением цифровых логических контроллеров и развиваются промышленные сети.

Четвёртая промышленная революция ознаменовывается применением технологий, обеспечивающих производство индивидуализированных продуктов как массовых [5]. Это значит, что машины должны работать независимо, гибко выстраивать технологический процесс, взаимодействуя с людьми для создания персонализированного продукта. Машины становятся независимыми агентами, способными собирать и анализировать данные, обмениваться данными с другими машинами и людьми. Интернет становится связующим звеном между реальными и виртуальными объектами.

Возрастающая взаимосвязь между продуктами и производственным оборудованием, так же как и продавцов и потребителей, партнёров, открывает новые источники доходов, которые

были недоступны ранее. Таким образом, в индустрии устанавливаются новые стандарты заботы о потребителе. Большая удовлетворённость продуктом достигается за счёт персонализированного, высококачественного продукта, а также доступных и умных сервисов [6].

Тем не менее, внедрение новых стандартов Industry 4.0 сопряжено с определёнными трудностями. Для того, чтобы выполнять индивидуальный заказ каждого клиента, необходимы гибкие, быстро перестраиваемые и конфигурируемые производственные линии. В таких условиях особенно важным встаёт вопрос об интеграции распределённых систем производства в единый технологический процесс для обеспечения качественного обслуживания покупателей.

С другой стороны, время доставки товара, так же как уровень сбоев, значительно растёт вместе с возрастающим потоком данных. Для упорядочивания и обработки данных необходима разработка универсальных стандартов их передачи между всеми слоями автоматизации [7].

Однако переход на новую, направленную на клиента бизнес-модель имеет высокий потенциал по получению прибыли. Интеграция и объединение данных принесёт прозрачность в контроль текущего состояния производства. Всеобъемлющий анализ, статистика, прогнозирование дадут возможности ещё более точного и своевременного принятия управленческих решений. Объединение интеллектуальных систем, продуктов и производственных линий в единую информационную сеть позволит управлять производством более автономно. Всё вышесказанное приводит к лучшей производительности и эффективности использования ресурсов.

Представим на рис. 1 принципы, позволяющие раскрыть потенциал концепции Industry 4.0 [8].

Четвёртая индустриальная революция за счёт виртуализации производства позволяет создавать продукты лучшего качества, позволяя применять новые клиентоориентированные бизнес модели. Таким образом, применение концепции Industry 4.0 развивает как бизнес процессы компании, так и портфолио продуктов и сервисов. Следовательно, значительно растёт удовлетворённость продуктом и укрепляются взаимоотношения с заказчиком. Согласно исследованиям, в ближайшие годы промышленные компании готовы

инвестировать около 3,3% от годового дохода в решения Industry 4.0.

В европейских компаниях отмечают, что наиболее важными направлениями инвестиций являются виртуализация проектирования и разработки продукта, автоматизация производства и логистика. Инвестиции коснутся всего –

от интегрирования материалов, производственных машин и логистических систем в киберфизические системы до механизмов контроля производственных данных в реальном времени на всём пути производственно-сбытовой цепи. Эти усилия признаны увеличить эффективность и снизить затраты на всех этапах производства.



Рис. 1. основополагающие принципы, позволяющие раскрыть потенциал концепции Industry 4.0
Fig. 1. Fundamentals to unlock the potential of Industry 4.0

Неотъемлемой составляющей концепции Industry 4.0 является управление жизненным циклом изделия. Продукты становятся всё более сложными. Следовательно, всё большее число специалистов из различных областей должны работать как единая команда в одной информа-

ционной среде для применения лучших практик для проектирования инновационного продукта. Такую среду для создания, производства и внедрения новых продуктов предоставляют PLM-системы (Product Lifecycle Management).

Модель

PLM–системы управляют процессами проектирования, производства и обслуживания продукта. В настоящее время PLM–системы становятся не только центральным репозиторием данных, связанных с продуктом, бизнес–процессами, производственными процессами, CAD–, CAM– и PDM– инструментами для объединения менеджеров и инженеров в единое информационное пространство, PLM становится стратегическим бизнес–подходом для создания инновационных продуктов, их разработки и внедрения.

Концепция Industry 4.0 требует персонализации продуктов, что значительно усложняет процесс контроля за жизненным циклом изделия [9].

Для преодоления проблем идентификации предлагается использовать бурно развивающиеся технологии RFID.

RFID – технология, которая использует электромагнитный спектр для идентификации объектов. На современном производстве идёт активное замещение идентификации с помощью штрих-кода на RFID, потому что RFID не требует прямого контакта с меткой. RFID–системы состоят из двух основных элементов: антенны и транспондера. Антенна генерирует электромагнитную волну для активации транспондера. Активировав транспондер, можно считать или записать данные.

Существует несколько классификаций RFID–сенсоров: по частоте генерируемых электромагнитных волн, по источнику питания и по типу памяти RFID–чипов. В зависимости от рабочей частоты, типа памяти и источника питания зависят особенности применения RFID–сенсоров.

Классификация по частоте разделяет RFID–сенсоры на низкочастотные (LF), высокочастотные (HF) и ультравысокочастотные (UHF).

LF–сенсоры обмениваются данными с меткой на частотах 30 Khz–300KHz на коротких дистанциях не более 2 метров. HF–сенсоры работают на частотах 3MHz–30MHz и способны работать с транспондерами, удалёнными до 30 метров. И наконец, UHF–сенсоры работают на частотах 300MHz–3GHz и считывают данные на дистанциях более 30 метров [10].

Также RFID–системы можно классифицировать по источнику питания. По этой классификации транспондеры могут быть трёх видов: активными, пассивными и смешанными

ВАР (Battery-Assisted Passive).

В активных RFID–системах транспондеры имеют собственный источник питания, обычно в виде батарей, что позволяет увеличить радиус считывания метки и непрерывно транслировать данные транспондеру.

В пассивных RFID–системах метки питаются только от электромагнитного поля трасмиттера, что удешевляет систему. В RFID–системах с ВАР–транспондерами метки используют оба источника питания, что повышает надёжность считывания данных.

По типу памяти можно разделить метки на:

– RO (Read Only), где данные записываются только один раз, сразу при изготовлении. Такие метки пригодны только для идентификации. Никакую новую информацию в них записать нельзя, и их практически невозможно подделать;

– WORM (Write Once Read Many), где кроме уникального идентификатора такие метки содержат блок однократно записываемой памяти, которую в дальнейшем можно многократно читать;

– RW (Read and Write) – такие метки содержат идентификатор и блок памяти для чтения/записи информации. Данные в них могут быть перезаписаны многократно.

Транспондеры могут быть выполнены в стеклянном, пластиковом корпусе, а также в виде смарт–карт и смарт–наклеек. При применении смарт наклеек RFID–чип поставляется на тонкой клейкой ленте и состоит из микро проводников и чипа. Такие метки очень тонкие и гибкие, поэтому могут быть приклеены практически к любому продукту.

ИТ–компании в основном будут концентрироваться на продуктах для гибкого контроля и управления производства в реальном времени, а также оптимизации логистических систем. Тем временем компании, связанные с машиностроением, будут фокусировать усилия на совершенствовании автоматизированного производства, сборе и анализе данных в реальном времени и развитии систем управления предприятием (MES–систем).

Четвёртая промышленная революция играет важную роль в повышении эффективности производства в долгосрочной перспективе.

Промышленному сектору требуется производить всё большие объёмы продукции, затрачивая меньше материалов и энергии. Решения Industry

4.0 помогают компаниям создавать эффективные производства, увеличивая производительность и уменьшая затраты энергии и ресурсов.

В ближайшие годы компании ожидают значительные выгоды от вложенных средств в Industry 4.0. Прогнозируется в среднем рост эффективности на 18% за счёт виртуализации производства. Это эквивалентно повышению эффективности на 3,3% ежегодно. Кроме того, почти треть компаний ожидают прирост эффективности более чем на 20% к 2020 году.

Большинство улучшений являются результатом виртуализации процессов производственно-сбытовой цепочки, например:

- концентрация на индивидуализации продуктов и услуг;
- снижение неопределённости процессов;
- минимизация потерь качества;
- организация более гибких и связанных процессов.

Говоря конкретно, рост прозрачности процессов улучшает использование машин и систем. Виртуализация и интеграция процессов позволяет организовать работу рационально, что повышает продуктивность, а интеллектуальный анализ производственных данных снижает уровень брака [11].

Компании ожидают, что внедрение идей концепции Industry 4.0 создаст условия для дополнительной годовой экономии в среднем около 2,6%.

Обрабатывающая промышленность ожидает снижение затрат на 1,9% в год. Для дискретного производства этот показатель несколько выше.

Анализ и использование данных играют ключевую роль в концепции Industry 4.0. Быстрый рост числа сенсоров, встраиваемых систем и умных устройств, а также вертикальная и горизонтальная интеграция систем являются причиной увеличения непрерывного потока данных. К настоящему моменту этот огромный массив данных в большинстве случаев не используется в полной мере.

Уже сейчас технологии анализа данных крайне важны для половины компаний. В секторе электронной промышленности уделяется особое внимание этим технологиям из-за интенсивности потока данных о продуктах и решениях. 90% компаний убеждены, что эффективный анализ и использование больших данных являются жизненно важными для будущих успе-

хов выстраиваемых бизнес моделей. Эта оценка также применима и к компаниям, для которых работа с данными не является приоритетным направлением развития.

Интегрированный анализ данных позволяет, среди прочих аспектов, всесторонне изучить процессы и оптимизировать их на основе полученных заключений. Автомобилестроение является хорошим примером для применения преимуществ анализа больших данных.

На таких производствах применяется огромное количество датчиков и сенсоров, генерирующих десятки терабайт данных. Воспользовавшись ими, можно идентифицировать дефектные детали на ранней стадии производства, увеличить прозрачность процессов принятия решений и уменьшить избыточность производственно-сбытовой цепи, что приведёт к увеличению эффективности и конкурентоспособности [12].

Дополнительно анализ и использование больших данных позволяет определить основные требования для разработки новых цифровых бизнес-моделей, оптимизировать взаимодействие с заказчиками, повышая прибыльность компании. Это хорошо видно на примере большого предприятия обрабатывающей промышленности.

Для таких компаний в целях максимизации прибыли необходимо постоянно решать оптимизационные задачи. Текущий уровень спроса, загруженность производственных мощностей, текущие цены на сырьё, а другие параметры должны быть учтены в принятии решения о том, какой продукт нужно произвести и в каком объёме. Решения Big Data ускоряют крайне ресурсоёмкие вычисления, учитывающие при симуляции порядка 50 факторов, и помогают достигнуть значимого повышения рентабельности.

В настоящее время основное внимание компаний уделяется, прежде всего, защите эффективного обмена данными внутри производства, чёткой маркировке продукции (например, с помощью штрихкода и RFID) и использованию производственных данных реального времени для управления технологическими процессами. Также многие компании уже хранят большие объёмы данных, но не могут всесторонне задействовать их.

Исследования показали, что наибольшее предпочтение компании отдают эффективному

обмену данными внутри производства, а наиболее эффективно задействованным данным для кооперации и взаимодействия партнёров отводится 4-е место.

Для успешной конкуренции на глобальном рынке компаниям необходимо адаптироваться к новым требованиям Industry 4.0. Структура

автоматизации производства является неотъемлемой частью возможностей производства гибко и эффективно использовать ресурсы.

Представим на рис. 2 классическую архитектуру автоматизации производства и структуру автоматизации производства с применением облачных сервисов [13].

Классическая архитектура автоматизации производства



Структура автоматизации производства с применением облачных сервисов

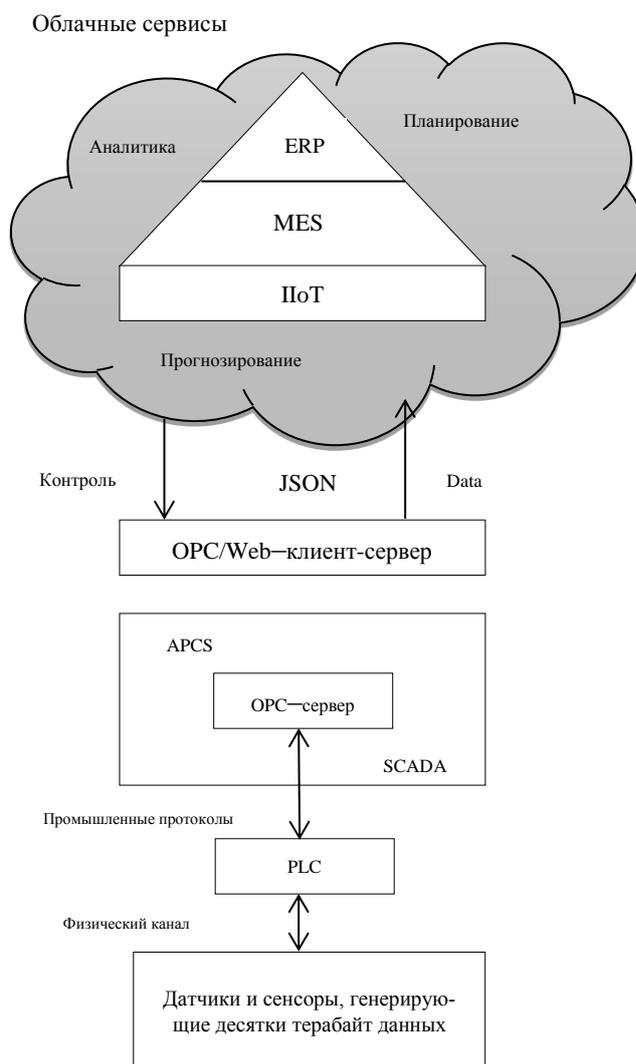


Рис. 2. Классическая архитектура автоматизации производства и структура автоматизации производства с применением облачных сервисов

Fig. 2. The classic architecture of industrial automation and the structure of industrial automation using cloud services

Классическая архитектура автоматизации производства представлена в виде пирамиды.

Полевой уровень (Field level) представлен в виде сенсоров, исполнительных устройств, двигателей, заслонок и т. п. Следующий уровень состоит из программируемых логических контроллеров (ПЛК). ПЛК – это специализированный компьютер, который обрабатывает сигналы, поступающие с полевого уровня, и управляет исполнительными устройствами. Полевой и ПЛК–уровень тесно связаны физически и взаимодействуют в режиме реального времени. Уровнем выше для управления ПЛК организована автоматизированная система управления техническим процессом (АСУ ТП). АСУ ТП взаимодействует с ПЛК по проприетарным протоколам, которые характеризуются робастностью, безопасностью и строго определённым механизмом обмена данными, что критически важно для производственных предприятий. MES (Manufacture Execution System) отвечает за автоматизированное управление предприятия, в том числе за оптимизацию технологических процессов, среднесрочное планирование и выполнение поставленных задач. В большинстве случаев поток данных между MES и АСУ ТП ограничен по причине их функционирования в различных физических средах. В результате эти уровни требуют специальной, «ручной» интеграции. Более того, MES не оперирует данными реального времени. Самый верхний уровень пирамиды автоматизации представлен ERP–системой, отвечающей за долгосрочное планирование человеческих и материальных ресурсов компании. ERP и MES обычно связаны Ethernet–сетью и работают в одной информационной среде.

Следовательно, к настоящему моменту в традиционной архитектуре автоматизации предприятия наблюдаются ограничения коммуникации между АСУ ТП и MES–уровнем из-за различной природы информационного окружения, в котором они работают. В результате MES не может оперировать данными реального времени с производственного уровня для гибкого и оперативного контроля за производственными мощностями и качеством продукции, что важно в реализации концепции Industry 4.0.

Существует три стратегии по преодолению разрыва коммуникации между производственными и верхним уровнем управления производством:

1 – включить в функционал MES–системы в функционал АСУ ТП. Действительно, возможно

функционал MES более низкому уровню. Тем не менее этот подход не нашёл применения на практике;

2 – включить функционал АСУ ТП в функционал системы управления производством. По существу это означает, что MES начинает напрямую управлять ПЛК. В теории это выглядит заманчиво, но различие между PLC и MES уровни столь значительны, что на практике крайне редко прибегают к этому подходу;

3 – позволить MES и АСУ ТП обмениваться данными. Компании уже инвестировали огромные средства во внедрение автоматизированных систем. Такой подход предполагает развитие уже имеющейся инфраструктуры, против её перестройки, однако требует применения новых единых стандартов обмена данными.

В настоящий момент третий подход выглядит предпочтительным, и индустрия уже начинает двигаться в этом направлении. Например, OPC Foundation, объединение лидирующих производителей и разработчиков автоматизации, разработало новый промышленный стандарт OPC UA для надёжного и безопасного обмена данными между различными устройствами и приложениями. Более того, сотни производителей, пользователей и институтов продолжают свои исследования в направлении объединения продуктов и сервисов.

Полученные результаты

Для преодоления разрыва между производственным и верхним управленческим уровнем предлагается использовать OPC/Web клиент-серверное приложение, осуществляющее коммуникацию между уровнями.

Предлагаемое OPC/Web–приложение является клиентом для OPC–сервера, который считывает данные реального времени с ПЛК и сервером, подготавливающим собранные данные для безопасной и с сохранением семантической значимости передачи данных на MES–уровень. Соответствуя идеям Industry 4.0, возникает вопрос в эффективной обработке возросшего потока данных с производственного уровня. ИТ–индустрия разработала мощные инструменты и решения в области обработки больших объёмов данных с помощью облачных технологий. Следовательно, возникает предложение организовать MES как набор облачных сервисов. Таким образом, MES и ERP станут работать в единой информационной среде, что повысит

точность планирования и эффективность управления производством. В результате получаем мощную систему, которая обладает комплексными инструментами планирования, аналитики, прогнозирования, вычислений в реальном времени и своевременного управления по Ethernet-сети АСУ ТП. Более того, согласно выявленной тенденции глобализации, предложенная архитектура автоматизации подходит и для управления распределёнными по всему миру предприятиями. Такая система – универсальный инструмент гибкого и эффективного управления распределёнными производствами.

Концепция Industry 4.0 требует создания индивидуализированных продуктов для улучшения пользовательского опыта. Контроль жизненного цикла выпускаемой продукция значительно усложняется из-за множества модификаций заказчиков. От этого может пострадать качество продуктов и лояльность потребителей. Использование RFID-технологий может значительно упростить и улучшить процессы управления жизненным циклом персонализированных изделий за счёт особенностей хранения, записи и чтения данных.

Как показали исследования, чёткость маркировки и идентификация объектов является одним из самых значимых аспектов обработки данных.

Основные сценарии применения RFID-технологий в различных сферах.

Во-первых, RFID-технологии могут быть широко применены на производстве. Закрепление радио метки за продуктом позволяет во время его производства считывать и реализовывать заранее записанные особенности заказов клиентов, а также сохранять основные данные о состоянии продукта в процессе сборки. Более того, RFID-метки могут быть использованы кибер-физическими системами для распознавания различных инструментов, помогая выстраивать гибкий процесс сборки изделий. Наконец, благодаря широким возможностям RFID-чипов хранить и предоставлять данные, PLM-системы получают прямой доступ к данным о состоянии продукта на каждом этапе производства. Следовательно, применение RFID-технологий увеличивает прозрачность и контролируемость технологических процессов, что крайне важно для реализации стратегии использования PLM-систем [14].

Вторая сфера, где уже сейчас стремительно

набирает распространённость внедрение RFID-решений, это логистика. Действительно, после того, как продукт был произведён, его нужно доставить конкретному заказчику. Решение этой задачи может затратить недопустимое количество времени и ресурсов, так как необходимо идентифицировать каждый продукт и направить его по уникальному маршруту. Использование RFID-решений открывает широкие возможности по автоматизации этих процессов. За счёт того, что RFID-считывателю не требуется прямой контакт с метками, возможно считывать информацию о каждом товаре, в том числе и адрес получателей, со всей транспортировочной паллеты или контейнера. Таким образом, отпадает необходимость дополнительных действий по идентификации, сортировке и доставке товаров. Дополнительно возможно индивидуально отслеживать состояние товара на всех этапах его доставки вплоть до полок магазина или конечно-го потребителя [15].

Третья перспективная сфера применения RFID-технологий – поддержка и сервисное обслуживание выпущенной продукции. Так как вся критически важная информация жизненного цикла изделия (кем, как и где был произведён продукт, кем и как он был доставлен, когда был приобретён, кем и как обслуживался и прочее) может храниться в прикреплённом RFID-чипе, то его использование существенно упрощает планирование проведения регламентных работ, локализацию проблем, связанных с браком, и выявление неисправностей в процессе ремонта для индивидуализированных продуктов. Повышение качества поддержки и сервисного обслуживания увеличивает удовлетворённость конечных потребителей, что является одной из основных идей Industry 4.0.

Заключение

Таким образом, RFID является одной из ключевых технологий развития PLM-систем и реализации концепции четвёртой промышленной революции.

В ответ на глобальные вызовы мировой высокотехнологичной промышленности компаниям необходимо развивать и применять передовые производственные технологии (Advanced Manufacturing Technologies).

Передовые производственные технологии характеризуются мультидисциплинарностью, наукоемкостью, интеллектуалоемкостью и име-

ют кросс–отраслевой, кросс–рыночный характер. Их отличие от традиционных производственных технологий заключается, прежде всего, в повышении роли «цифровизации» и «интеллектуализации» производственных процессов.

Производство конкурентоспособной высокотехнологичной продукции, а также формирование необходимых для ее изготовления условий требует от предприятий использования всего комплекса передовых производственных технологий. Каждая технология обладает «весовым коэффициентом», т. е. вносит свой определенный вклад в создание уникальных изделий.

Наиболее весомое влияние оказывают технологии цифрового проектирования и моделирования изделий (машин, конструкций, агрегатов, приборов, установок и т. д.) и производственных процессов на всем протяжении жизненного цикла продукта. Наибольшим потенциалом данные технологии обладают на этапе создания концепта и проектирования благодаря использованию «умных» моделей, «умных» больших данных (Smart Big Data) и цифровых двойников (Digital Twins) продуктов, оборудования, производства.

Применение «умной» модели на основе Smart Big Data, которая предполагает создание многоуровневой матрицы целевых показателей и ресурсных ограничений с максимально возможным количеством известных параметров (высокоточные модели материалов, нелинейные характеристики соединений и механизмов, производственные технологии и т. д.), позволяет учитывать специфику производственного процесса еще на стадии проектирования, а также радикально снизить стоимость изготовления и, следовательно, конечного продукта. Опыт решения сложных промышленных задач свидетельствует, что многоуровневая матрица модели изделия содержит десятки тысяч (~40000...60000) требований, предъявляемых к продукту в целом, к его компонентам и деталям в отдельности. Затем формируется цифровой двойник (Digital Twin) реального объекта.

Возникает новая парадигма Smart Digital Twin – [(Simulation & Optimization) –Based Smart Big Data] –Driven Advanced (Design & Manufacturing) – передовое проектирование и производство, драйвером которых является

«умный» цифровой двойник, формируемый в результате численного моделирования и оптимизации на основе «умных» больших данных.

По некоторым данным, до 80% затрат на изготовление продукта сосредоточивается именно на стадии проектирования. То же справедливо и для показателей качества конечного продукта. Следовательно, оптимизация процесса разработки позволит радикально сократить финансовые и временные затраты и повысить качество изделия.

В то же время, несмотря на широкие возможности оптимизации производственных процессов, которые дает внедрение передовых производственных технологий, важно понимать, что ни одна отдельно взятая технология не способна предоставить долгосрочного конкурентного преимущества на рынке. Поэтому важно комплексирование технологий таким образом, чтобы они давали максимальный синергетический эффект.

Библиографический список

1. OPC Unified Architecture. Interoperability for Industrie 4.0 and the Internet of Things, OPC Foundaion, May 2016, Retrieved from: <https://opcfoundation.org/wpcontent/uploads/2016/05/OPC-UA-Interoperability-For-Industrie4-and-IoT-EN-v5.pdf>. Дата обращения: 15.08.2019.
2. Accenture Innovation and Product Development Services. https://www.accenture.com/green/~media/Accenture/Conversion-Asets/DotCom/Documents/Global/PDF/Strategy_1/Accenture-Innovation-Product-Development-Services.pdf. Дата обращения: 15.08.2019.
3. Hermann M., Tobias Pentek T., Otto B. Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios – 49th Hawaii International Conference on System Sciences: IEEE, 2016.
4. Туровец О.Г. Экономические проблемы организации производства на предприятиях машиностроения / О.Г. Туровец, В.Н. Родионова // Экономинфо, 2018. Т. 15. №1. С. 12-16.
5. Protasov I.I., Yadgarova Y. V., Potekhin V. V., Taratukhin V. Implementation of Cloud Services for Smart Manufacture. – Sumposium Automated System and Technologies, Hannover, Germany, 2016, pp. 87-92.
6. Koch V., Kuge S., Dr. Reinhard Geissbauer, Schrauf S. Industry 4.0 and Opportunities and Chal-

lenges of the Industrial Internet, Strategy& PwC, 2014, p. 52.

7. Свиридова С.В. Интеграция предприятий как актуальное направление организации производственных структур / С.В. Свиридова, С.А. Насриддинов, И.С. Насриддинов // В сборнике: Проблемы современных экономических, правовых и естественных наук в России – синтез наук в конкурентной экономике. Реферативный сборник статей по материалам VII Международной научно-практической конференции. В 2-х томах. 2018. С. 36-37.

8. Вертакова Ю.В. Возможности инновационно-технологического развития промышленных предприятий РФ в условиях цифровой трансформации экономики / Ю.В. Вертакова, Е.В. Быковская // В книге: Развитие цифровой экономики в условиях деглобализации и рецессии. Монография. Под редакцией А.В. Бабкина. Санкт-Петербург, 2019. С. 379-405.

9. Боровков А.В. Совершенствование методов управления формированием и использованием корпоративных информационных ресурсов промышленных предприятий / А.В. Боровков, Ю.В. Вертакова // Известия Юго-Западного государственного университета. 2018. №3, С.158-165.

10. Лесных Е.В. Формирование и аккумуляция знаний в условиях цифровизации / Е.В.Лесных, М.В. Титова, Н.В. Сироткина // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: экономика и управление. 2018. №4. С. 82-87.

11. Трактовенко В.Д. Статья Мировым КБ / В.Д. Трактовенко // Эксперт Северо-Запад. 2017.

№35-38 (754). – <http://expert.ru/northwest/2017/35/stat-mirovyim-kb>

12. Сироткина Н.В. Стратегическое управление интегрированными структурами промышленного сектора экономики региона / Н.В. Сироткина, С.В. Свиридова, Я. Шан // Экономика и управление в машиностроении. 2017. – №4. С. 32-36

13. Industry 4.0. Opportunities and challenges of the industrial Internet, PwC Strategy, 2015/ – <https://www.strategyand.pwc.com/de/studien/industry-4-0>

14. Боровков А.И. Перспективные направления развития передовых производственных технологий в России / А.И. Боровков, Ю.А. Рябов // В сборнике 17 Апрельской международной научной конференции по проблемам развития экономики и общества. 2017, с. 381-389.

15. Yerofeyev S.A., Ipatov O.A., Markov S.A., Potekhin V.V., Sulerova A.S. & Shkodyrev V.P. (2015) Adaptive Intelligent Manufacturing Control System, Proceedings; DAAAM International Symposium of Intelligent Manufacturing and Automation, DAAAM 2015; Vienna; Austria; Volume 26, №1, ISSN 2304- 1382.

16. Кислицына В.А. Понятие инвестиционного портфеля / В.А. Кислицына, В.В. Гасилов // В сборнике: Институты и механизмы инновационного развития: мировой опыт и российская практика Сборник научных статей 7-й Международной научно-практической конференции. В 3-х томах. Ответственный редактор А.А. Горохов. 2017. С.105-108.

Поступила в редакцию – 02 сентября 2019 г.

Принята в печать – 30 сентября 2019 г.

References

1. OPC Unified Architecture. Interoperability for Industrie 4.0 and the Internet of Things, OPC Foundation, May 2016, Retrieved from: <https://opcfoundation.org/wpcontent/uploads/2016/05/OPC-UA-Interoperability-For-Industrie4-and-IoT-EN-v5.pdf>

2. Accenture Innovation and Product Development Services. https://www.accenture.com/green/~media/Accenture/Conversion-Assets/DotCom/Documents/Global/PDF/Strategy_1/Accenture-Innovation-Product-Development-Services.pdf

3. Hermann M., Tobias Pentek T., Otto B. Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios - 49th Hawaii International Conference on System Sciences: IEEE, 2016.

4. Turovets O.G. Economic problems of the organization of production at engineering enterprises / O.G. Turovets, V.N. Rodionova // Ekonominfo. 2018. Vol. 15. No 1. P. 12-16.

5. Protasov I.I., Yadgarova Y. V., Potekhin V. V., Taratukhin V. Implementation of Cloud Services for Smart Manufacture. – Sumposium Automated System and Technologies, Hannover, Germany, 2016, pp. 87-92.
6. Koch V., Kuge S., Dr. Reinhard Geissbauer, Schrauf S. Industry 4.0 and Opportunities and Challenges of the Industrial Internet, Strategy & PwC, 2014, P. 52.
7. Sviridova S.V. Integration of enterprises as an actual direction of the organization of production structures / S.V. Sviridova, S.A. Nasriddinov, I.S. Nasriddinov // In the collection: Problems of modern economic, legal and natural sciences in Russia - a synthesis of sciences in a competitive economy Abstract collection of articles based on the materials of the VII International Scientific and Practical Conference. In 2 volumes. 2018. PP. 36-37.
8. Vertakova Yu.V. Possibilities of innovative technological development of industrial enterprises of the Russian Federation in the conditions of digital transformation of the economy / Yu.V. Vertakova, E.V. Bykovskaya // In the book: The development of the digital economy in the context of deglobalization and recession Monograph. Edited by A.V. Babkina. St. Petersburg, 2019. PP. 379-405.
9. Borovkov A.V. Improving management methods for the formation and use of corporate information resources of industrial enterprises / A.V. Borovkov, Yu.V. Vertakova // Bulletin of the Southwestern State University. 2018. №3, PP. 158-165
10. Forest E. The formation and accumulation of knowledge in the context of digitalization / E.V. Lesnykh, M.V. Titova, N.V. Sirotkina // Bulletin of Voronezh State University. Series: economics and management. 2018. №4. PP. 82-87
11. Traktovenko V.D. Become a World KB / V.D. Traktovenko // Expert North - West. 2017. №35-38 (754). - <http://expert.ru/northwest/2017/35/stat-mirovyim-kb>
12. Sirotkina N.V. Strategic management of integrated structures of the industrial sector of the regional economy / N.V. Sirotkina, S.V. Sviridova, Y. Shan // Economics and Management in Mechanical Engineering. 2017. – №4. PP. 32-36
13. Industry 4.0. Opportunities and challenges of the industrial Internet, PwC Strategy, 2015 / - <https://www.strategyand.pwc.com/de/studien/industry-4-0>
14. Borovkov A.I. Perspective directions of development of advanced production technologies in Russia / A.I. Borovkov, Yu.A. Ryabov // Collection 17 April International Navuay Conference on the Problems of Economic and Social Development. 2017, PP. 381-389
15. Yerofeyev S.A., Ipatov O.A., Markov S.A., Potekhin V.V., Sulerova A.S. & Shkodyrev V.P. (2015) Adaptive Intelligent Manufacturing Control System, Proceedings; DAAAM International Symposium of Intelligent Manufacturing and Automation, DAAAM 2015; Vienna; Austria; Volume 26, № 1, ISSN 2304-1382
16. Kislitsyna V.A. The concept of investment portfolio / V.A. Kislitsyna, V.V. Gasilov // In the collection: Institutes and mechanisms of innovative development: world experience and Russian practice Collection of scientific articles of the 7th International Scientific and Practical Conference. In 3 volumes. Executive Editor A.A. Gorokhov. 2017. PP.105-108.

Received – 02 September 2019.

Accepted for publication – 30 September 2019.