

*Садыкова А.М.,
Студент магистратуры
2 курс, факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
МГТУ им. Н.Э. Баумана
Россия, г. Москва*

ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ УМНОГО ПРОИЗВОДСТВА

***Аннотация:** В статье рассмотрены основные предпосылки, обусловившие необходимость цифрового и инновационного обновления современных производственных систем. Дана сущностная специфика и проанализированы основные виды интеграции в Индустрии 4.0. Выделены основные элементы архитектуры «умного завода». Проведено критериальное сравнение традиционных заводов и цифровизированных «умных производств».*

***Ключевые слова:** цифровизация, инновации, цифровые технологии, Индустрия 4.0, «умное производство».*

***Annotation:** The article analyzes the main preconditions that necessitate the digital and innovative upgrade of modern production systems. The author gives the essential specifics and analyzed the main types of integration in Industry 4.0. The study highlights the main elements of the smart plant architecture; the differences between the traditional factories and the digitalized “smart manufacturing”.*

***Key words:** digitalization, innovation, digital technology, Industry 4.0, smart manufacturing.*

Процессы тотальной цифровизации и инноватизации приводят к исчезновению традиционных производственно-технологических решений ввиду многопланового внедрения современных информационно-технологических решений. Изменение технологических цепочек формирования добавленной стоимости в новой глобальной системе международного разделения труда

позволяет России получить шанс разрешить проблему экспорто-сырьевой зависимости и опустошительной деиндустриализации, что подчеркивает исключительную актуальность темы исследования. Кроме того, важно отметить, что именно промышленность может и должна продолжать повышать уровень жизни людей, предоставляя потребителям индивидуальные и качественные продукты и создавая лучшие условия для работы сотрудников. Однако востребованная ранее производственная парадигма не являлась и не является стратегически устойчивой. Так, с одной стороны, традиционное промышленное производство наносит значительный вред окружающей среде, например, способствует потеплению климата и загрязнению окружающей среды. С другой стороны, оно потребляет огромное количество невозобновляемых ресурсов, таких как нефть и уголь. Данные предпосылки обуславливают бесспорную многомерную (экономическую, социальную, экологическую) значимость проведения радикальных изменений в промышленности, а, следовательно, и важность исследования перспектив внедрения «умных» технологических процессов.

Различные аспекты трансформации заводов и производственных фабрик в соответствии с тотальными трендами цифровизации и инноватизации исследуют в своих научных работах такие современные ученые, как Бельцов В.Г., Асанова Е.А., Паскова А.А., Сергеева О.Ю., Тарасов И.В., Попов Н.А., Толкачев С.А., Толстых Т.О., Шкарупета Е.В., Гамидуллаева Л.А., Шукалов А.В., Заколдаев Д.А., Жаринов И.О., Шульце П.В., Щетинина Н.Ю. и др. В целом учеными констатируется, что Индустрия 4.0, ориентированная на создание умных продуктов, процедур и процессов, очерчивает принципиально иные форматы грядущей системы мирового разделения труда и предъявляет новые требования к интеграции России в мировую экономику. Как подчеркивает Шульце П.В., именно «Умная фабрика», интегрирующая интеллект, гибкость и динамику в таких понятиях, как «Умное производство», «Интеллектуальная фабрика» и «Фабрика будущего», является ядром 4-й промышленной революции [8]. Умные заводы могут управлять сложными процессами, менее склонны к неполадкам и

способны более эффективно производить товары. Такие интерфейсы с умной мобильностью, умной логистикой и умными сетями сделают умный завод ключевым компонентом завтрашних интеллектуальных инфраструктур [8].

Основными технологиями Индустрии 4.0 являются аддитивные и облачные технологии; технологии безопасности киберфизических систем; промышленная сенсорика; технологии «дополненной реальности»; технологии интернета вещей (IoT — Internet of Things); технологии BigData (обработки больших массивов производственных данных) и др. [7] Предприятие, поддерживающее основные технологии Индустрии 4.0 — это организация, обладающая компьютеризированной беспроводной системой управления, интегрирующей технологическое оборудование (промышленных роботов), программные компоненты САПР, программные компоненты обработки промышленных данных и др. Основные направления, позволяющие конкретизировать различия между традиционными заводами и цифровизированными «умными производствами», приведены в таблице 1.

Таблица 1

Критериальное сравнение традиционных заводов и цифровизированных «умных производств»

| Критерий | Умный завод | Традиционный завод |
|------------------------|--|--|
| Ресурсообеспеченность | Разнообразные ресурсы. Чтобы производить несколько типов мелкосерийных продуктов, в системе должно быть большое количество ресурсов различных типов. | Ограниченные и predetermined ресурсы. Чтобы построить фиксированную линию для массового производства определенного типа продукта, необходимые ресурсы тщательно вычисляются, адаптируются и настраиваются. |
| Качество маршрутизации | Динамическая маршрутизация. При переключении между различными типами продуктов необходимые ресурсы и маршрут для связывания | Фиксированная маршрутизация. Производственная линия фиксируется, но может вручную |

| | | |
|-----------------------------|---|--|
| | этих ресурсов должны быть переконфигурированы автоматически и в режиме онлайн | перенастраиваться людьми с отключением системы. |
| Взаимосвязанность подсистем | Всеобъемлющие подключения. Машины, продукты, информационные системы и люди подключены и взаимодействуют друг с другом через высокоскоростную сетевую инфраструктуру. | Сеть управления цехом. Она может использоваться для подключения контроллера к подчиненным станциям, но связи между машинами нет. |
| Дифференциация | Глубокая конвергенция. Умное производство работает в сетевой среде, где промышленная беспроводная сеть и облако интегрируют все физические ресурсы и информационные системы | Разделенные уровни. Машины отделены от верхних информационных систем |
| Контроллинг | Самоорганизация. Функция управления распределяется по нескольким объектам. Они взаимодействуют друг с другом, организовывая себя, чтобы справиться с динамикой системы. | Независимый контроль. Каждая машина запрограммирована для выполнения назначенных функций. Любая неисправность одного устройства приведет к поломке всей линии. |
| Информационная база | Большие данные. Умные предметы производят огромное количество данных, сеть высокой пропускной способности может их передавать, а облако - обрабатывать. | Изолированная информация. Машина может записывать собственную информацию о процессе. Но эта информация редко используется другими. |

В наиболее общем виде можно дифференцировать 3 вида интеграции, характерных для Индустрии 4.0: горизонтальная интеграция через структурные модели бизнес-процессов; непрерывная сквозная интеграция через все цепочки создания стоимости; вертикальная интеграция и создание сети производства (рисунок 1):

- Горизонтальная интеграция. Каждый отдел сотрудничает со многими другими отделами. Благодаря межорганизационной горизонтальной интеграции соответствующие отделы могут создавать эффективную экосистему. Информационные, финансовые и материальные потоки могут свободно протекать среди них. Таким образом, могут появиться новые сети ценностей, а также бизнес-модели.
- Вертикальная интеграция. Завод владеет несколькими физическими и информационными подсистемами, такими как сенсоры и датчики. Для обеспечения гибкой и изменяемой конфигурации производственной системы необходимо вертикально интегрировать сигналы сенсоров и датчиков на разных уровнях вплоть до уровня планирования ресурсов предприятия. Благодаря этой интеграции интеллектуальные машины образуют самоорганизующуюся систему, которая может быть динамически настроена для адаптации к различным типам продуктов.
- Сквозная интеграция. Горизонтальная интеграция отделов и вертикальная внутренняя интеграция выступают базисом для сквозной интеграции технологического процесса. В процессе создания ценности продукта задействована цепочка действий, такая как определение требований потребителя, проектирование продукта и его разработка, планирование производства, производство, обслуживание, ремонт и утилизация. Благодаря интеграции непрерывная и согласованная модель продукта может быть повторно использована на каждом этапе. Влияние проектирования продукта на производство и обслуживание можно предусмотреть, используя мощную программную цепочку инструментов.

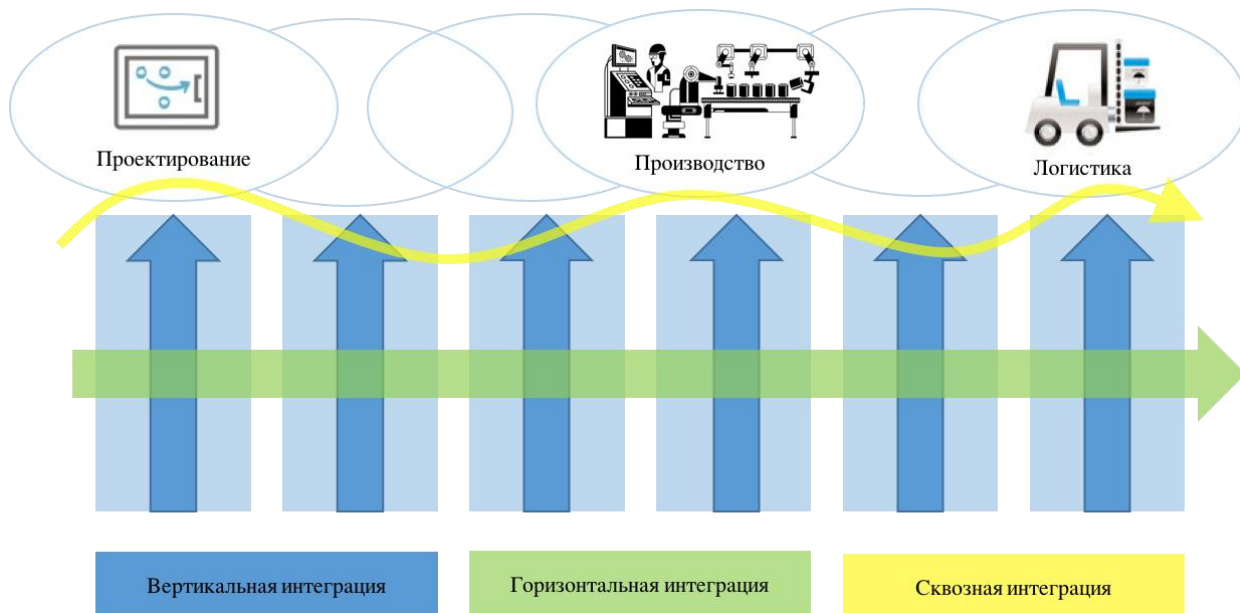


Рисунок 1. Иллюстрация трех видов интеграции

Основные элементы архитектуры «умного завода» представлены на рисунке 2 и представляют собой:

- уровень физических ресурсов, объединяющий различные виды физических предметов, таких как интеллектуальные продукты, интеллектуальные машины, и интеллектуальные конвейеры. Эти умные ресурсы взаимодействуют друг с другом через промышленную сеть; кроме того, они сотрудничают для достижения общесистемной цели. Таким образом, физические предметы образуют самоорганизующуюся и автономную производственную систему, основанную на промышленной сети и интеллектуальном механизме переговоров.
- уровень промышленной сети, формирующий своего рода важную инфраструктуру, которая не только позволяет осуществлять взаимодействие между предметами, но и соединяет уровень физических ресурсов с облаком.
- уровень облака: благодаря технологии облачных вычислений даже интернет может быть виртуализирован как огромный пул ресурсов. Облако обеспечивает очень эластичное решение для использования данных, например, пространство для хранения, вычислительную способность. При работе интеллектуальные предметы создают огромное количество данных, которые передаются в облако

через промышленную сеть для дальнейшей обработки информационных систем. Тогда аналитика больших данных может поддерживать управление и оптимизацию системы.

- контролирующий уровень, обеспечивающий взаимосвязанность человеческих ресурсов и «умного завода». С устройств, такими как ПК, планшеты и мобильные телефоны, люди могут получать доступ к статистике, предоставляемой облаком, применять другую конфигурацию или выполнять техническое обслуживание и диагностику удаленно через интернет.

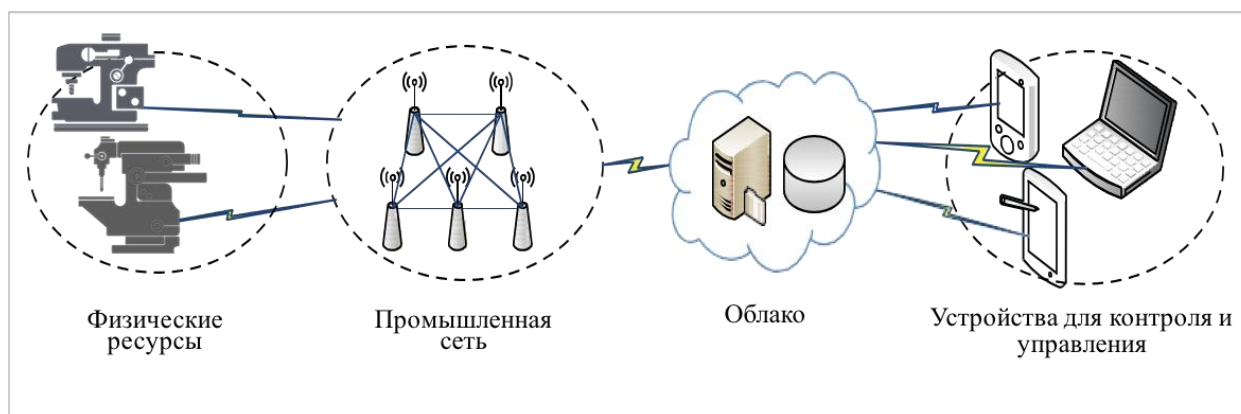


Рисунок 2. Краткая структура системы умного завода

С позиции инжиниринга, умное производство может рассматриваться как замкнутая система, как показано на рисунке 3. В контуре управления находится сеть умных предметов. Интеллектуальный предмет обладает возможностями вычисления, связи, контроля и помимо этого, обладает автономией и социальностью. Под автономией подразумевается, что умный предмет принимает решения сам за себя; ни одна другая сущность не может напрямую контролировать свое поведение. Под социальностью подразумевается, что умные предметы понимают общий набор знаний и следуют единому набору правил ведения переговоров. Таким образом, общество умных машин может дать очень гибкую производственную систему, самоорганизующуюся и изменяемую систему.

Благодаря взаимодействию, умные машины пытаются выровнять свое поведение, чтобы приблизиться к общесистемной цели; но производительность

системы, как правило, не оптимальна. Это потому, что умные предметы «близорукие»: они принимают решения, основанные на локальной информации. Что касается производства, то нагрузка может быть несбалансированной, эффективность может быть не самой высокой, и могут возникать взаимоблокировки. Для решения этих проблем используется блок анализа больших данных в канале обратной связи, который находится в облаке. Смарт-машины передают информацию о состоянии и процессе в блок, точно так же, как и распределенные датчики передают свои сенсорные данные. Поэтому глобальное состояние системы можно извлечь из массива информации о системе в режиме реального времени. Такая глобальная оптимизация влияет на интеллектуальные предметы, что позволяет ожидать более высокой производительности.

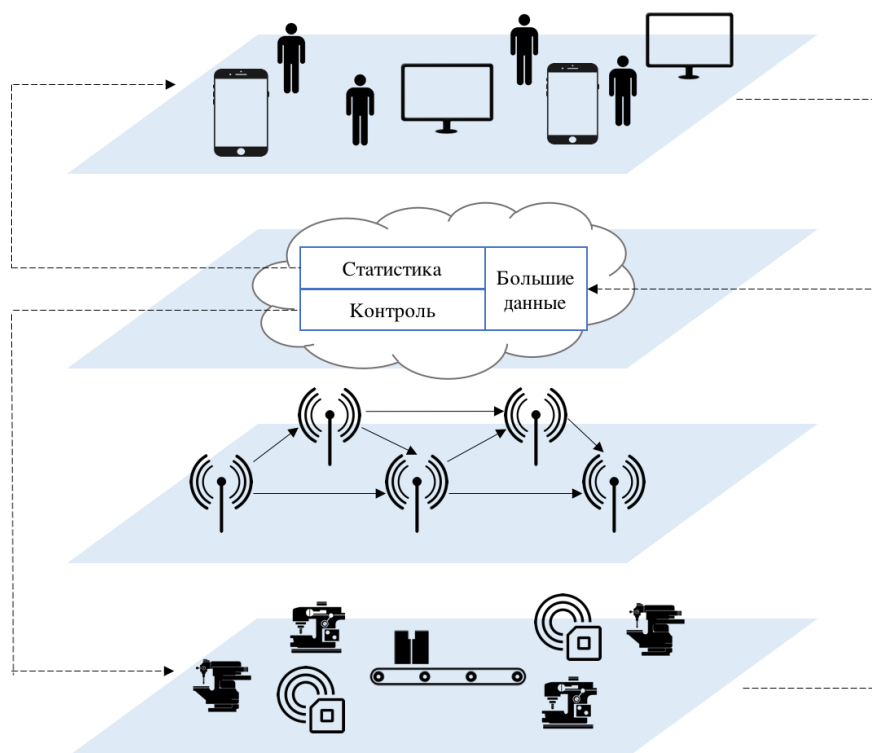


Рисунок 3. Функциональный механизм умного завода

На рисунках 4-5 схематично обозначена разница между традиционной производственной линией и умной производственной системой. Традиционная производственная линия (рисунок 4) направлена на производство единичного продукта. Она обычно состоит из нескольких машин и конвейерной ленты.

Конвейерная лента не закрыта; то есть один конец служит входом, а другой конец выступает в качестве выхода, машины развернуты вдоль линии. Когда незавершенная продукция проходит через линию от входа к выходу, каждая машина выполняет свою заданную часть задачи. Как правило, нет избыточных машин, и конвейерная лента тщательно адаптирована. Машина имеет собственный независимый пункт контроля, но связи между машинами нет. Умная система производства (рисунок 5) нацелена на обработку нескольких видов продукции. С точки зрения типа одного продукта, для производства не используются все машины, поэтому их количество в системе может быть избыточно. Конвейерная лента закрыта, чтобы поддерживать различные маршруты производства, поэтому нет определенного входа или выхода.

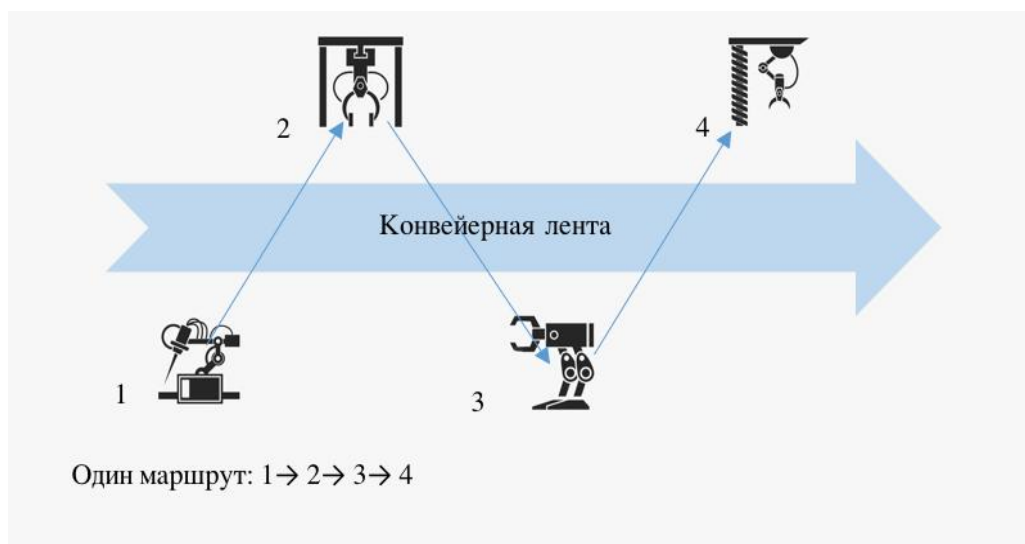


Рисунок 4 — Традиционная производственная линия

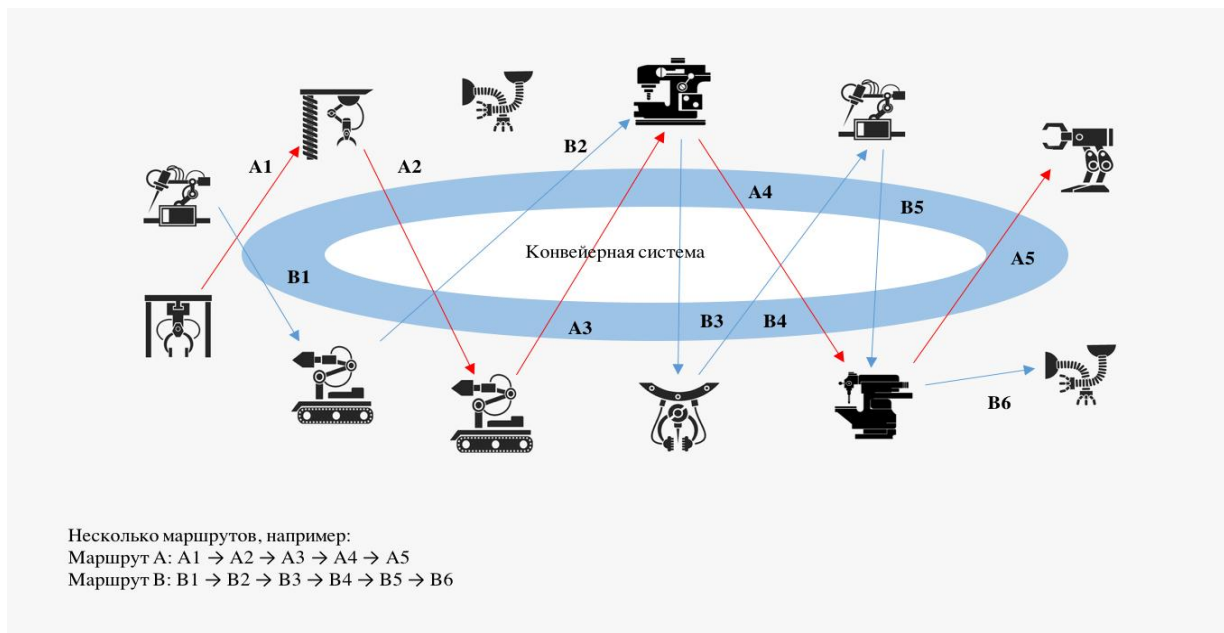


Рисунок 5 — Умная система производства

Итак, в последнее время в производственной сфере внедряются новые технологии, такие как «интернет вещей», сенсоры, беспроводные сети, большие данные (Big Data), облачные вычисления, встроенные системы и мобильная сеть. По сути лишь интеллектуальное производство демонстрирует привлекательную и перспективную производственную парадигму. Индустрия 4.0, выступая единственным вариантом высокоэффективного будущего промышленности, способна обеспечить большую гибкость и надежность в сочетании с высочайшими стандартами качества в проектировании, планировании, производстве, операционных и логистических процессах. Это приведет к появлению динамических, оптимизированных в реальном масштабе времени, самоорганизующихся цепочек, которые могут быть оптимизированы на основе различных критериев, таких как стоимость, доступность и потребление ресурсов. Следовательно, максимизация эффекта от цифровизации, роботизации и автоматизации производственных процессов при высокой производительности труда создает заводы нового типа, специфические «умные производства», означающие создание такой среды, где вся доступная информация — от фабричного станка до цепочки поставок — доступна в режиме реального времени. Отслеживая текущее состояние капитальных активов, технологических

процессов, ресурсов и готовой продукции, менеджмент будет способен улучшать бизнес-процессы, тем более, что рутинные управленческие решения будут принимать сами автоматизированные устройства. Тем самым повысится качество стратегического управления предприятиями (за счет переноса основной управленческой деятельности с уровня цеха-завода на уровень фирмы как системы в целом), а основными преимуществами, которые бизнес-структура может получить с внедрением новой производственной парадигмы, выступят гибкость (возможность самоорганизации и динамической реконфигурации); производительность (минимизация временных и технологических издержек при максимизации качества); ресурсно-энергетическая эффективность; тотальная прозрачность (актуальность и релевантность информации) и простота диагностического и сервисного функционала.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Бельцов В.Г., Асанова Е.А. Новое нормирование умного производства // Менеджмент и бизнес-администрирование. 2017. № 4. С. 109-116.
2. Паскова А.А. Технологии big data в автоматизации технологических и бизнес-процессов // Научное обозрение. Технические науки. 2018. № 4. С. 23-27.
3. Сергеева О.Ю. "Индустрия 4.0" как механизм формирования "умного производства" // Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. 2018. Т. 10. № 2. С. 100-113.
4. Тарасов И.В., Попов Н.А. Индустрия 4.0: трансформация производственных фабрик // Стратегические решения и риск-менеджмент. 2018. № 3 (106). С. 38-53.
5. Толкачев С.А. Индустрия 4.0 и ее влияние на технологические основы экономической безопасности России // Гуманитарные науки. Вестник Финансового университета. 2017. Т. 7. № 1 (25). С. 86-91.
6. Толстых Т.О., Шкарупета Е.В., Гамидуллаева Л.А. Цифровое инновационное производство на основе формирования экосистемы сервисов и ресурсов // Экономика в промышленности. 2018. Т. 11. № 2. С. 159-168.

7. Шукалов А.В., Заколдаев Д.А., Жаринов И.О. От индустрии 3.0 к индустрии 4.0: обзор инноваций // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. 2018. № 11-12 (125-126). С. 153-159.
8. Шульце П.В. Будущее промышленности: четвертая революция - функции государства и общества // Экономическое возрождение России. 2017. № 2 (52). С. 39-46.
9. Щетинина Н.Ю. Индустрия 4.0: практические аспекты реализации в российских условиях // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2017. № 1 (21). С. 75-84.