

## АКТУАЛЬНАЯ ТЕМА

DOI 10.26163/GIEF.2020.35.19.001  
УДК 658.5+658.5:004

### **E.O. Kasyanenko, A.V. Shymchenko, S.V. Salkutsan** **COMPARATIVE ANALYSIS OF CONVENTIONAL PRODUCTION** **MODEL AND SMART FACTORIES**

**Elena Kasyanenko** – assistant, the Institute of Advanced Production Technology, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg; **e-mail: kasyanenko\_eo@spbstu.ru.**

**Andrey Shymchenko** – senior teacher, the Institute of Advanced Production Technology, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg; **e-mail: shimchenko\_av@spbstu.ru.**

**Sergey Salkutsan** – senior teacher, the Institute of Advanced Production Technology, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg; **e-mail: salkutsan@spbstu.ru.**

*We carry out the comparative analysis of hi-tech production based on smart factory model and conventional approach to manufacturing. Considering the advantages of the transition to the new production model we have revealed, we can make a conclusion that in the nearest 10-20 years the world will see new markets offering consumers advanced technological solutions and fundamentally new products and services.*

*According to the experts, Internet technologies can contribute to the transition to a new industrial revolution characterized by fully automated digital manufacturing, real-time artificial intelligence systems constantly interacting with external environment with the prospect of establishing a global manufacturing network of goods and services.*

**Keywords:** smart factories; advanced production technologies; Internet of goods; big data; industrial revolution; efficiency of design and production; digital technology; intensification of smart environment development.

### **Е.О. Касяненко, А.В. Шимченко, С.В. Салкуцан** **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТРАДИЦИОННОЙ МОДЕЛИ** **ПРОИЗВОДСТВА И «УМНЫХ ФАБРИК»**

**Елена Олеговна Касяненко** – ассистент Института передовых производственных технологий, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург; **e-mail: kasyanenko\_eo@spbstu.ru.**

**Андрей Владимирович Шимченко** – старший преподаватель Института передовых производственных технологий, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург; **e-mail: shimchenko\_av@spbstu.ru.**

**Сергей Владимирович Салкуцан** – старший преподаватель Института передовых производственных технологий, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург; **e-mail: salkutsan@spbstu.ru.**

*В статье производится сравнительный анализ высокотехнологичного производства по модели «Умных фабрик» и традиционного подхода к производству. Благодаря выявленным преимуществам перехода к новой модели производства можно сделать вывод, что в течение ближайших 10–20 лет в мире произойдет формирование новых рынков, предлагающих потребителям передовые технологические решения и принципиально новые продукты и сервисы.*

*По мнению экспертов, благодаря использованию технологий Интернета вещей в ближайшее время возможен переход к новой промышленной революции, которая характеризуется полностью автоматизированным цифровым производством,*

*управляемым системами с искусственным интеллектом в режиме реального времени в постоянном взаимодействии с внешней средой, выходящим за границы одного предприятия, с перспективой объединения в глобальную промышленную сеть Вещей и услуг.*

***Ключевые слова:** «Умные фабрики»; передовые производственные технологии; Интернет вещей; большие данные; промышленная революция; эффективность проектирования и производства; цифровые технологии; интенсификация развития «умных» сред.*

*Целью исследования является определение передовых технологий, способствующих переходу от традиционной модели производства к модели «Умной фабрики», а также формирование преимуществ от такого перехода.*

*Объектом исследования являются процессы формирования и организации эффективного функционирования производственной системы предприятия, включающей совокупность инноваций, создаваемых и осваиваемых регионами, отраслями и предприятиями в результате инновационной деятельности.*

*Предметом исследования являются производственные процессы предприятия в рамках использования передовых производственных технологий.*

*Задача состоит в выявлении изменений при интеграции инструментов модели «Умных фабрик» на этапах проектирования, производства и сопровождении изделий и дальнейшем проведении SWOT-анализа использования таких инструментов в промышленности.*

*Актуальность обусловлена следующими положениями. Вторая половина XVIII в. ознаменовалась созданием механизированного оборудования, приводимого в движение не мускульной силой или факторами окружающей среды, а посредством применения силовых установок – двигателей. Первой пригодной для данных целей установкой стала универсальная паровая машина Уатта. Использование подобного оборудования для решения производственных задач привело к становлению промышленности как одной из ключевых отраслей народного хозяйства. Данный процесс становления известен как Первая промышленная революция.*

*Развитие и распространение новых технологий, их проникновение во все сферы человеческой деятельности приводят в настоящее время к динамичным изменениям на глобальных рынках в самой структуре и характере современного промышленного производства и экономики. Переход к новому технологическому укладу, на пороге которого мы стоим, приведет к формированию в мире в течение ближайших 10–20 лет совершенно новых крупных рынков, предлагающих потребителям передовые технологические решения и принципиально новые продукты и сервисы.*

*В этих условиях производство передовых стран, таких как США и Германия осуществило модернизацию своих производственных мощностей и комплексов для преодоления таких проблем, как снижение доли промышленности в экономике, сокращение производительности труда. Темпы и размах подобных преобразований многими специалистами характеризуются как Четвертая промышленная революция.*

*Четвертая промышленная революция связана со стратегией, нацеленной на разработку системы коммуникации производственного оборудования, а также изготовления «умных» изделий, основанных на технологиях обмена данными, интегрированными в жизненный цикл данного изделия. Поэтому данный подход получил свое название «Умные фабрики» [20].*

*С начала 1970-х гг. вплоть до настоящего времени увеличение автоматизации и контроля производственных процессов за счет использования электроники и IT-технологий считается Третьей промышленной революцией (рис. 1).*

*По мнению многих экспертов, развитие современных цифровых технологий и, в частности, технологий Интернета вещей (Internet of Things, IoT) обеспечивает очередное революционное преобразование высокотехнологичной промышленности.*

Четвертая промышленная революция подразумевает цифровизацию всех производственных процессов. Речь идет как о процессах проектирования новой конкурентоспособной продукции, так и о последующих стадиях её непосредственного изготовления в соответствии с требованиями, заложенными в электронной конструкторской документации. Ключевой особенностью современного производства, отвечающего требованиям Четвертой промышленной революции, является наличие интеллектуальных систем управления деятельностью всего предприятия и его отдельными производственными процессами. Речь идет о процессе контроля и управления в режиме реального времени с учетом как внутренних, так и внешних факторов, оказывающих влияние на работу предприятия. При этом следует понимать, что привлечение интеллектуальных систем, сетевых технологий и прочих современных решений, оперирующих информацией в цифровом формате, потенциально предоставляет возможность создания распределенных глобальных промышленных сетей. По мнению президента Всемирного экономического форума в Давосе, профессора Клауса Мартина Шваба, происходящие сегодня изменения являются абсолютно новым этапом революционного преобразования высокотехнологичной промышленности. Скорость, размах и системный характер происходящих перемен отличают процессы Четвертой промышленной революции от всех происходящих ранее изменений [19].



Рис. 1. Развитие промышленности (по материалам Инновационного центра «Сколково» (SKOLKOVO Construction Association))

Источник: [15].

Во многих странах существуют программы, направленные на поддержание процесса перехода к современной высокотехнологичной модели производства. В частности, в 2011 г. получила свое начало немецкая программа Индустрия 4.0 (Industry 4.0). Идея Индустрии 4.0 заключается в усиленной интеграции киберфизических систем в работу промышленных предприятий (High-TechStrategy 2020 Action Plan), что способствует повышению уровня автоматизации процессов производства. Аналогичные программы были также запущены в большинстве ведущих стран мира: это японская стратегия «Общество 5.0» (Super Smart Society), китайская программа «Made in China 2025», американская программа «Advanced Manufacturing Partnership». С целью развития отечественной промышленности и повышения конкурентоспособности российских производителей на мировой арене 4 декабря 2014 г. на территории Российской Федерации была запущена «Национальная технологическая инициатива» (далее – НТИ). НТИ представляет собой комплексную программу мер, нацеленных как на формирование принципиально новых «рынков будущего», так и на создание условий для достижения глобального технологического лидерства Российской Федерации к 2035 г. Под рынками будущего подразумеваются ключевые направления экономики, которые, по мнению многих аналитиков, будут наиболее значимыми и заметными в общемировом масштабе по состоянию на 2035 г.

Задачи, стоящие в рамках НТИ, не ограничиваются исключительно активным включением России в процесс формирования стандартов отраслей мировой экономики. Проекты и программы, реализуемые в рамках НТИ, также нацелены на привлечение всех участников рынка к задачам «выращивания национальных чемпионов» для соответствующих высокотехнологичных рынков будущего [14].

Подобное объединение представителей образования, науки и промышленности способствовало созданию Центров компетенций НТИ, представляющих собой инженерно-образовательные консорциумы, нацеленные на преодоление технологических барьеров для обеспечения лидерства российских компаний на мировой арене. На базе Института передовых производственных технологий Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого был создан Центр компетенций НТИ «Новые производственные технологии», обеспечивающий сотрудничество более 60 организаций-представителей ведущих корпораций, университетов и крупных промышленных предприятий, являющихся лидерами в исследовании, разработке и интеграции современных цифровых решений для высокотехнологичной промышленности [12].

В рамках «Национальной технологической инициативы» в целом и кросс-отраслевого рынка «ТехНет» НТИ проводятся меры по реализации мегапроекта «Фабрики Будущего», который был представлен проректором по перспективным проектам Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, научным руководителем Института передовых производственных технологий (ИППТ) СПбПУ, руководителем Инжинирингового центра (CompMechLab®) СПбПУ, соруководителем рабочей группы «ТехНет» НТИ А.И. Боровковым.

Получивший в 2016 г. поддержку со стороны Агентства стратегических инициатив мегапроект «Фабрики Будущего» направлен на создание передовых производств, организованных в соответствии с новой бизнес-моделью «Фабрик Будущего». В рамках концепции данного проекта выделяют модели «Цифровой», «Виртуальной» и «Умной» фабрик [11]. Исследование в настоящей статье также основано на материале отчета «Разработка прогноза реализации приоритета научно-технологического развития, определенного пунктом 20а Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, к новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта)», оглашенного рабочей группой под руководством А.И. Боровкова, в которой состояли авторы данной статьи.

*Методика исследования.* Исследование проведено с помощью методологии проведения форсайт-исследований. В частности, можно выделить три вида проведенных исследований:

- 1) кабинетные исследования: сбор, обработка данных, аналитические выводы на основании полученной информации;
- 2) полевые исследования: сбор информации в ходе проведения социологических опросов, экспертных обсуждений;
- 3) SWOT-анализ: проведение исследования, позволяющего определить возможности, угрозы, преимущества и слабости применения результатов исследования.

Результатами исследования являются:

- определение набора преимуществ развития и внедрения модели «Умных фабрик»;
- выявление изменений при интеграции инструментов модели «Умных фабрик» на этапах проектирования, производства и сопровождении изделий;
- проведение SWOT-анализа использования таких инструментов в промышленности.

### **Характеристика «Умной фабрики»**

«Умная фабрика» (Smart Factory) представляет собой один из уровней реализации

концепции «Фабрик Будущего». Данная модель организации производства подразумевает активное использование современного высокотехнологичного оборудования, реализующего поставленные задачи с минимальным привлечением человеческих ресурсов. В действительности данная модель стремится к практически «безлюдному» производству за счет использования «умного» оборудования и устройств, объединенных посредством технологий IoT с целью совместного гибкого решения производственных задач. Под «гибкостью» в данном случае подразумевается возможность переналадки оборудования в кратчайшие сроки под решение новых задач, предъявляемых со стороны заказчиков и потребителей финальной продукции. Концепция «гибкой производственной ячейки» позволяет организовать эффективное взаимодействие производственных участков с минимизацией рисков возникновения простоев и нарушений в рамках производственной программы [2].

Во многом данный уровень автоматизации становится возможным благодаря оцифровке всех данных, используемых при организации производственного процесса и генерируемых в процессе его выполнения. Дальнейший переход к модели «Умной фабрики» реализуется посредством использования промышленного оборудования, функционирующего под управлением систем числового программного управления (ЧПУ). К данному перечню высокотехнологичного оборудования можно отнести: 3D-принтеры, многофункциональные обрабатывающие центры, гибридное производственное оборудование, промышленные робототехнические комплексы, а также системы мониторинга и автоматизированного управления производственными процессами.

«Умная фабрика» основывается на вертикальной производственной цепочке (датчики – PLC (Programmable Logic Controller) – SCADA – MES – ERP), строящейся на основе вовлечения киберфизических систем (CPPS). Благодаря использованию датчиков и сенсоров, внедренных на всех этапах производства, позволяющих обеспечить наблюдение, а также автоматизированное управление на основании собранных и проанализированных данных во многом возможна реализация подобной структуры [20].

Внедрение CPPS позволяет обеспечить управление производственными процессами в режиме реального времени. Наличие распределенной системы датчиков, систем управления производственным процессом и ЧПУ систем «умного» оборудования, объединенных воедино коммуникационными сетями, позволяет организовать непрерывный мониторинг параметров производственного процесса, необходимых для осуществления оперативного управления производством и, в частности, оптимизацией плана производства, поставок и логистики всего процесса изготовления. Из-за вертикальной интеграции интеллектуальной производственной системы все протекающие процессы регистрируются, что позволяет производить автоматическую фиксацию возникающих аномальных значений (показателей) для проведения последующего подробного анализа организации производства [20]. Сбор данных на этапах проектирования, поставки, изготовления и сборки, а также на этапе сервисного обслуживания и эксплуатации готового продукта позволяет анализировать жизненный цикл продукции для дальнейшего улучшения и совершенствования качества выпускаемых на рынок решений.

Описанная модель «Умной фабрики» существенно отличается от прежних схем организации производства и способов взаимодействия между всеми участниками цепочки формирования стоимости продукта. Цифровизация протекающих процессов, а также привлечение интеллектуальных и коммуникационных технологий выступают основой для потенциального перехода к сетевому способу взаимодействия между всеми участниками рынка [8].

В связи с этим одним из ключевых инструментов, обеспечивающих построение «Умной фабрики», является промышленный интернет вещей (Industrial Internet of

Things, далее – IoT). Именно применение IoT обеспечивает обмен данными между всеми средствами, объектами и субъектами производственного процесса. Решения в области IoT нацелены на повышение эффективности проектирования и производства всех видов товаров и услуг, а также эффективности сопровождения сложных технических изделий [13]. Так, интеграция решений, связанных с IoT, обеспечивает:

1. На этапе проектирования:

- сокращение цикла планирования и проектирования;
- сокращение стоимости проектирования.

2. На этапе производства:

- снижение стоимости производимой продукции;
- повышение адаптивности к изменению уровня спроса и скорости запуска новой номенклатуры в производство.

3. На этапе сопровождения («цифровой сервис»):

- сокращение полной стоимости владения сложными техническими изделиями;
- создание дополнительных сервисов.

Интеграция технологий IoT совместно с интеллектуальными системами распределения, планирования, оптимизации ресурсов и предсказательной аналитики позволяет повысить продуктивность и сократить сопутствующие затраты, благодаря чему предприятие достигает высокого уровня эффективности бизнес-процессов.

Решение на базе предсказательной аналитики используют информацию со всех этапов жизненного цикла изделия. Привлечение IoT технологий на этапе сопровождения предполагает использование встроенных в конструкцию изделий датчиков с целью осуществления наблюдения за состоянием как изделия в целом, так и за его отдельными элементами в соответствии с требованиями, предъявляемыми отраслью. Это позволяет вести мониторинг в режиме реального времени, обеспечивая оперативный доступ к необходимым данным, таким как:

- техническим характеристикам отдельных деталей и секций изделия;
- параметрам изделия в целом;
- данным об эксплуатации.

Данные, полученные с датчиков, частично обрабатываются вычислительными мощностями самого изделия для фильтрации избыточной информации и затем частично передаются по защищенным каналам связи в центр обработки данных (ЦОД). Данные низкой значимости могут храниться и на самом устройстве.

В дальнейшем на основе полученных данных:

- осуществляется идентификация и оперативный мониторинг как составных частей, так и изделия в целом;
- формируются статистические отчеты, которые при этом фиксируют текущее состояние;
- на основе предсказательной аналитики и с учетом фактического состояния деталей и секций изделия формируются динамические графики технического обслуживания и проведения ремонтов, что позволяет:
  - определить вероятность возникновения поломки, повысить производительность и увеличить период бесперебойной работы;
  - обеспечить доступ в режиме реального времени к отчетам по техобслуживанию активов и условиям производства;
  - повысить коэффициент использования активов;
  - оперативно управлять логистикой и трудовыми ресурсами компании, в частности, ремонтными бригадами;
  - формируются среднесрочные прогнозы, исходя из текущих данных;
  - формируются прогнозы необходимого запаса ремонтных комплексов;
  - формируются отчеты о качестве закупаемых изделий и материалов с целью достижения большей экономической эффективности [18].

### **Преимущества перехода от традиционной модели производства к модели «Умной фабрики»**

Переход к модели «Умной фабрики» – один из ключевых трендов мировой высокотехнологичной промышленности. Создание модели «безлюдного» производства является приоритетной задачей для развитых стран, демонстрирующих высокие темпы старения населения, истощения природных ресурсов, а также снижения конкурентоспособности промышленности старого образца.

Отличительными особенностями модели «Умных фабрик» являются:

1. Гибкость и адаптивность к меняющимся условиям современного рынка. Сегодня производители должны демонстрировать высокий уровень готовности к выполнению задач, предъявляемых динамично меняющимся рынком. Прежние модели массового и крупносерийного производства не способны удовлетворить спрос на единичные решения, необходимые в конкретный диапазон времени. По этой причине происходит движение современной промышленности в сторону «массовой кастомизации» как новой модели удовлетворения потребностей рынка. Тем не менее, данный переход предъявляет свои требования к скорости перестроения производства под выпуск абсолютно нового изделия малой партией.

2. Возможность самодиагностики «умного» оборудования. Как отмечалось ранее, встроенные системы датчиков и сенсоров позволяют улавливать изменения в параметрах работы оборудования, что может выступать основой для реализации непосредственных измерений и диагностики состояния оборудования. Наличие встроенных контроллеров (PLC) позволяет оценивать снимаемые данные на наличие ошибок (кодов ошибок) непосредственно на самом оборудовании, без привлечения ресурсов внешних систем управления.

3. Наличие элементов «машинно-машинного» (M2M) интерфейса, позволяет реализовывать объединение «умного» производственного оборудования в рамках единой цифровой производственной экосистемы. Успешность выполнения производственного задания определяется не только состоянием отдельно взятого станка, а общей готовностью всего вовлеченного в процесс оборудования. Обмен информацией о собственном состоянии в рамках цифровой экосистемы обеспечивает высокий уровень адаптации производства под возникающие непредвиденные аварийные ситуации.

4. Универсальность и многофункциональность используемого оборудования обеспечивает более высокий уровень организации гибкого производства. Наличие автоматизированных систем управления, осуществляющих контроль над функционирующей экосистемой, позволяет перераспределять производственные задачи между отдельным универсальным оборудованием в зависимости от его степени загруженности и уровня готовности.

5. Наличие ограничений в автоматизации производства. Производственная система формируется с четким пониманием перечня задач, делегируемых автоматизированной системе управления. Тем не менее, вся информация о протекающих процессах должна быть доступна операторам с целью ознакомления и, при необходимости, вмешательства в процесс оперативного управления производственными процессами.

6. Сотрудники, работающие в рамках модели «умного» производства, должны обладать необходимым набором цифровых компетенций, позволяющих осуществлять обслуживание, организацию и управление производственными процессами с привлечением современных цифровых технологий [5] (см. таблицу).

В общем случае, модель «Умной фабрики» подразумевает набор цифровых технологий, представленный на рис. 2.

Согласно [20] развитие и внедрение концепции «Умных фабрик» позволит:

- вернуть производство из аутсорсинга на основные мощности компаний-производителей передовых стран Западной Европы и США (к примеру: в период 2010–

2012 г. порядка 25 000 американских компаний отказались от аутсорсинга. 61% предприятий США взяли курс на возврат своего производства);

- повысить показатели качества. Уровень оплаты труда станет менее важной проблемой на фоне возросших показателей качества, разнообразия продукции и безопасности производства;

- снизить потребление электроэнергии. Германия смогла сократить потребление электроэнергии на 24% путем внедрения Config Server Security & Firewall (CSF) – программы для автоматизации защиты на сервере;

- максимизировать производственные возможности вследствие минимизации затрат на электроэнергию и заработную плату;

- оптимизировать систему управления на предприятии. Для CPPS сетей возможно задать различные параметры и условия, такие как качество, время, риски, цена и экологичность для процессов динамического проектирования и производства;

- оптимизировать производственные процессы. Инженерные процессы становятся быстрее, и производственный этап может быть усовершенствован. Временные затруднения, такие как ошибки поставок, могут быть компенсированы, а большие партии продукции могут быть созданы за короткий промежуток времени. В результате, предприятие способно произвести продукцию, соответствующую запросам каждого конкретного заказчика.



Рис. 2. Технологии «Умных фабрик»

Дальнейшая интенсификация развития «умных» сред возможна в случае выполнения ряда условий [10]:

- решение задачи безопасности «умных» производственных систем, обеспечивающее высокий уровень устойчивости как к действиям со стороны злоумышленников, так и к различного рода непредвиденным аварийным ситуациям;

- разработка единых стандартов представления и последующей защиты данных, соответствующих вызовам, стоящим перед современной промышленностью;

- активный рост рынка высокотехнологичного промышленного оборудования и полупроводниковой электроники, сопровождающийся как развитием соответствующих технологий, так и преодолением различного рода барьеров, сдерживающих данное развитие.

На данный момент можно выделить следующие существенные ограничения, возникающие в процессе привлечения «умных» систем для решения производственных задач:

- низкий уровень надежности цифровых систем, а также их высокая уязвимость к хакерским атакам не позволяют в должной мере использовать данные решения в рамках критически важных инфраструктур и производств;

- неочевидность преимущества перехода к новой модели организации производства по причине отсутствия в достаточном объеме научных исследований и реальных



кейсов создания «Умных фабрик». На фоне данной неопределенности традиционные модели организации производства выступают в роли надежной и понятной бизнес-модели. Интеграция «умных» производственных систем осуществляется незначительными темпами и осуществляется преимущественно компаниями-новаторами, что в целом соответствует начальному этапу внедрения технологий в соответствии с моделью диффузии инноваций (рис. 3).



Рис. 3. Диффузия инноваций Роджерса

**SWOT-анализ использования «умных» сред в промышленном производстве**

Преимущества	Слабости
<ol style="list-style-type: none"> <li>Сокращение численности персонала за счет автоматизации производственных процессов</li> <li>Снижение уровня травмоопасности на производстве</li> <li>Оптимизация использования вычислительных и компьютерных ресурсов предприятия</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Высокая зависимость от рынка высокотехнологического оборудования и полупроводниковой электроники</li> <li>Значительная роль небольшого количества представителей рынка (олигополия)</li> <li>Низкий уровень защиты безопасности данных и устойчивости к вредоносным действиям со стороны злоумышленников</li> <li>Отсутствие единых стандартов организации работы «умных» производственных систем</li> </ol>
Возможности	Угрозы
<ol style="list-style-type: none"> <li>Возможность существенного повышения уровня наукоемкости производимой продукции</li> <li>Возможность внедрения современных стандартов организации и планирования производства в соответствии с современным уровнем развития технологий</li> <li>Возможность реализации управления производством в режиме реального времени</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Высокая вероятность аварийных ситуаций в результате несанкционированных действий и диверсий</li> <li>Высокая вероятность нарушения работы значительных участков инфраструктуры вследствие ошибок и сбоев программной и аппаратной составляющих</li> <li>Существование рисков навязывания ценовой политики и привлечение прочих ограничений со стороны монополистов на рынке полупроводниковой электроники и соответствующего сырья.</li> </ol>

Источник: [5].

**Заключение**

Настоящий уровень развития цифровых технологий, а также темпы их интеграции в промышленный сектор определяют нашу ближайшую действительность. Промышленный сектор, как один из ключевых сегментов мировой экономики, оказывает непосредственное влияние на человеческое общество и все сферы его жизни. Модель «Умных фабрик», стремящаяся к структуре «безлюдного» производства за счет

использования киберфизических систем, способна привести к «подрывным» изменениям во многих смежных областях. В частности, речь идет о пересмотре сложившейся системы разделения труда и ключевых компетенциях, ожидаемых от будущих специалистов.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. Несмотря на высокий уровень зависимости от рынка высокотехнологического оборудования и полупроводниковой электроники после перехода к модели «Умной фабрики» такой переход способствует реализации нескольких приоритетов научно-технологического развития Российской Федерации как в части перехода к передовым цифровым технологиям и оптимизации использования вычислительных мощностей, так и повышению безопасности на производстве.

2. Такой переход позволяет занять передовую позицию на рынке и получить преимущества среди остальных предприятий, неспособных/отказывающихся переходить в высокотехнологичную отрасль из-за социальных барьеров.

Как и в любых инновационных прорывах, существуют как законодательные, так и социальные барьеры, такие как: отсутствие законодательной базы, неготовность социума принять инновацию, тяжелый период адаптации сфер деятельности к инновации, и пр.

Несмотря на это, ключевое преимущество получают те компании-новаторы, которые принимают непосредственное участие в процессе развития инновационных моделей организации производственного процесса, отвечающих современным вызовам мирового рынка и новым моделям формирования спроса, ориентированным на «массовую кастомизацию» продукции. Протекающие в данном направлении процессы являются основой для зарождения нового технологического уклада, определяющего состояние мировой промышленности в ближайшем будущем [10].

В продолжение исследования планируется разработать комплекс мер по внедрению комплексной модели «Фабрик будущего», включающую «Умную», «Цифровую», и «Виртуальную» фабрики, на примере конкретного предприятия, учитывая производственные и социальные барьеры.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Аким М.Э., Андреев И.Б., Андреева Н.С., Коноваленков А.С. [и др.]. «Умные» среды, «умные» системы, «умные» производства. М.–СПб., 2012. 62 с.

2. Глазков Б. Возможности индустриального интернета // Трамплин к успеху. 2016. № 7. С. 24–27.

3. Долгосрочный прогноз научно-технологического развития Российской Федерации до 2030 года // Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»: [сайт]. URL: [https://prognoz2030.hse.ru/data/2014/12/25/1103939133/Prognoz\\_2030\\_final.pdf](https://prognoz2030.hse.ru/data/2014/12/25/1103939133/Prognoz_2030_final.pdf) (дата обращения: 22.12.2019).

4. Иванов В.В., Малинецкий Г.Г. Цифровая экономика: от теории к практике // Инновации. 2017. № 12. С. 3–12.

5. Иванов Д. Испытательный полигон для передовых производственных технологий // Трамплин к успеху. 2016. № 7. С. 14–16.

6. Княгинин В.Н. Промышленный дизайн Российской Федерации: возможность преодоления «дизайн-барьера» / под ред. М.С. Липецкой, С.А. Шмелевой. СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2012. 80 с.

7. Левенцов В.А., Радаев А.Е., Николаевский Н.Н. Аспекты концепции «Индустрии 4.0» в части проектирования производственных процессов // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2017. № 10 (1). С. 19–31.

8. Национальная технологическая инициатива (НТИ) // Центр компьютерного

инжиниринга СПбПУ: [сайт]. URL: <http://fea.ru/compound/national-technology-initiative/#fof> (дата обращения: 25.12.2017).

9. Отчет «Анализ уровня и тенденций развития новых производственных технологий с привлечением экспертов Федерального реестра» // Федеральный реестр экспертов научно-технической сферы: [сайт]. URL: [https://reestr.extech.ru/docs/analytic/new\\_prod\\_technology.pdf](https://reestr.extech.ru/docs/analytic/new_prod_technology.pdf) (дата: обращения: 22.12.2019).

10. «Умные» среды, «умные» системы, «умные» производства // Фонд ЦСР «Северо-Запад»: [сайт]. URL: [http://csr-nw.ru/files/csr/file\\_content\\_1271.pdf](http://csr-nw.ru/files/csr/file_content_1271.pdf) (дата обращения: 10.01.2019).

11. Фабрики Будущего // Агентство стратегических инициатив: [сайт]. URL: <http://asi.ru/projects/13624/> (дата обращения: 25.12.2018).

12. Что такое НТИ. URL: <http://www.nti2035.ru/nti/> (дата обращения: 10.01.2020).

13. *Шульце П.В.* Будущее промышленности: Четвертая революция – функции государства и общества // *Экономическое возрождение России*. 2017. № 2 (52). С. 39–46.

14. 15 ключевых компонентов современного производства, которые работают не на всех предприятиях России (и, если не работают на вашем, вы проигрываете) // *Isicad.ru*: [сайт]. URL: [http://isicad.ru/ru/articles.php?article\\_num=18964](http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=18964) (дата обращения: 10.01.2018).

15. 4-я промышленная революция в Давосе // *Эксперт online*: [сайт]. URL: <http://expert.ru/2016/01/21/chetvertaya-promyishlennaya-revolyuutsiya/> (дата обращения: 25.12.2017).

16. Big data and B2B digital platforms: the next frontier for Europe's industry and enterprises. Recommendations of the Strategic Policy Forum on Digital Entrepreneurship. URL: <http://ec.europa.eu/DocsRoom/documents/18503> (дата обращения: 22.12.2019).

17. Big data in Chinese businesses International Perspectives // ICAEW, 2017. URL: <https://www.icaew.com/-/media/corporate/files/technical/information-technology/technology/big-data-in-chinese-businesses-english.ashx> (дата обращения: 22.12.2019).

18. *Leventsov V., Radaev A., Nikolaevskiy N.* Design issues of information and communication systems for new generation industrial enterprises // *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*. 2017. № 10531. P. 142–150.

19. *Shrouf F., Ordieres J., Miragliotta G.* Smart Factories in Industry 4.0: A Review of the Concept and of Energy Management Approached in Production Based on the Internet of Things Paradigm // *Proceeding of 2014 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*. 2014. P. 697–701.

20. Sungbum Park, Development of Innovative Strategies for the Korean Manufacturing Industry by Use of the Connected Smart Factory (CSF) // *Procedia Computer Science*. 2016. № 91. P. 744–750.