

***КЛАССИРОВАНИЕ ИНДУСТРИИ 4.0 В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ
ПРОЦЕССЕ***

Мезина Т.В.

ФГОБУВО «Финансовый университет при правительстве Российской Федерации» (Финансовый университет)

Москва, Россия

Аннотация

Индустрия 4.0 – это так называемый «проект будущего» немецкого федерального правительства. Это стратегический план развития экономики Германии, предусматривающий совершение прорыва в области информационных технологий. Но в отличие, например от США, где развивают IT-технологии в сторону социальных сетей, развлечений, коммуникаций, немцы ставят задачу подключения к сети промышленного оборудования и целых производств.

Максимального эффекта предполагается добиться от соединения традиционно сильных позиций Германии в области индустрии с новейшими достижениями в области информатизации.

Ключевые слова: : индустрия, развитие, технология, инновации, революция

LESSIROVKA INDUSTRY 4.0 IN THE PROCESS

Mezina T. V.

*PROBOWO "Financial University under the government of
Russian Federation " (Financial University)*

Moscow, Russia

Annotation

Industry 4.0 is the so-called "future project" of the German Federal government. This is a strategic plan for the development of the German economy, providing for a breakthrough in the field of information technology. But unlike, for example, the USA, where IT-technologies are developed in the direction of social networks, entertainment, communications, the Germans set the task of connecting industrial equipment and entire industries to the network.

The maximum effect is expected to be achieved by combining the traditionally strong position of Germany in the field of industry with the latest achievements in the field of information.

Key words: industry, development, technology, innovation, revolution

Считается, что новое направление развития промышленности знаменует собой четвертую индустриальную революцию. Первая была связана с заменой в конце 18 — начале 19 века мускульной силы рабочих на энергию пара и воды в первых машинах. Вторая — с электрификацией и внедрением конвейерного производства в начале 20 века. Третья революция произошла в 60-70-е годы прошлого столетия в связи с развитием числового программного управления (ЧПУ) и микропроцессоров.

Четвертый этап, по мнению немецких экспертов, должен быть связан с интернет и искусственным интеллектом. «Умное оборудование» на «умных фабриках» будет самостоятельно, без участия человека выходить в сеть, передавать и получать необходимую для работы информацию.

Германия является поставщиком промышленного оборудования и технологий для всего мира. Марка «сделано в Германии» всегда говорила о качестве и надежности.

Однако, конкуренты не дремлют. Китай, а теперь уже и другие развивающиеся страны активно осваивают новые технологии и предлагают свое оборудование. Причем данную ситуацию во многом создали сами западные

страны, перенося свои производства в страны третьего мира — в результате они попали в зависимость от стран-фабрик. Теперь возникает задача по возвращению самостоятельности и возрождения индустрии на родине.

США решают эту задачу в том числе возобновлением добычи энергоресурсов на своей территории, чем создают предпосылки для возврата производств из Азии и Европы.

У Германии нет таких природных ресурсов, как в США, рабочая сила здесь дорогая и, кроме того, существует демографическая проблема, связанная со старением населения.

Чтобы оставаться лидером необходимо поднять и без того высокую эффективность и максимально сократить использование в производстве человеческого труда. Такие задачи и призван решить проект Индустрия 4.0.

Основные даты [1, 17]:

Январь 2011 – инициирование проекта.

Ноябрь 2011 – проект принят правительством в рамках плана «Хай-тек стратегия 2020».

Январь – октябрь 2012 – создание рабочей группы по координации проекта выработка первых рекомендаций по внедрению.

2 октября 2012 – отчет с рекомендациями передан правительству.

Апрель 2013 – промышленные Союзы Германии ВITKOM, VDMA и ZVEI, объединяющие около 5000 компаний, основали так называемую Платформу «Индустрия 4.0» <http://www.plattform-i40.de> При поддержке платформы создаются самоорганизующиеся рабочие группы по различным аспектам внедрения проекта.

2014-2015 проведение многочисленных форумов и дискуссий, первые внедрения. В 2015 году практически все промышленные выставки в Ганновере прошли под лозунгами четвертой индустриальной революции, включая выставку по деревообработке LIGNA.

14 апреля 2015 опубликована стратегия разворачивания проекта с промежуточными датами по каждому разделу до 2020 года

В январе 2012 г. проект был предложен федеральному правительству Исследовательским Союзом Германии (Forschungsunion), объединяющим представителей науки и экономики.

Рабочая группа под руководством доктора Зигфрида Даиса (Siegfried Dais), заместителя директора фирмы Robert-Bosch GmbH и профессора Хеннинга Кагерманна (Henning Kagermann), президента академии технических наук.

На реализацию первого этапа разворачивания проекта правительством предусмотрено 200 млн. евро из государственного бюджета. Здесь следует иметь в виду, что финансирование предназначено только для инициирования и подготовки базы для запуска процесса — в будущем проект объективно будет развиваться промышленными предприятиями самостоятельно. Бизнесом выделено уже дополнительно 300 млн. евро.

Для сравнения на проекты, связанные с энергетикой и возобновляемыми источниками энергии, в общей сложности выделено более 4 млрд. евро.

Основные концепции

Проект «Индустрия 4.0» базируется на идеях «интернета вещей» — IoT (Internet of things) и «киберфизических систем» — CPS (Cyber-Physical Systems).

Речь идет о превращении неодушевленных предметов (в данном случае – компонентов производственной системы) в активных пользователей интернет. Уже сегодня многие «умные» системы могут выходить в сеть без участия человека – вспомним «умный дом», современные автомобили, интеллектуальные парковки, системы экомониторинга, энергообеспечения. Количество подключенных к сети устройств в ближайшее время превысит численность населения планеты, а к 2020 году по прогнозам аналитиков — составит 26 миллиардов.

Для производства возможность различных компонентов общаться через сеть открывает невероятные перспективы. В «умных фабриках» машины будут понимать свое окружение и смогут общаться по единому сетевому протоколу между собой, а также с логистическими и бизнес-системами поставщиков и потребителей. Производственное оборудование, получая сведения об

изменившихся требованиях, сможет само вносить корректировки в технологический процесс. В результате производственные системы станут способны к самооптимизации и самоконфигурации, оборудование будет осуществлять самодиагностику, произойдет дальнейшее повышение гибкости и индивидуализации продукции.

Заготовка сможет сообщать станку какие именно операции необходимы для ее обработки и какой инструмент выбрать, а транспортной системе – по какому маршруту следует ее передать для последующей операции. Детали агрегатов смогут сами сигнализировать о своем износе и передавать через интернет заказы изготовителям запчастей и предупреждать службы сервиса о планируемых ремонтах.

Индустрия 4.0, благодаря гибкости и адаптивности, обеспечиваемой киберфизическими системами, поможет реализовать массовое производство по индивидуальным заказам (нем. «Losgröße =1» — «размер партии =1»), что позволит снизить цену продукции. Классические методы организации производства предполагали, что поточным методом можно изготавливать только большие партии товаров. Благодаря новым принципам организации производственных процессов, становится возможным индустриальным способом изготавливать и единичные изделия.

Уже сегодня наблюдается устойчивая тенденция к переходу от жесткого централизованного управления производственными процессами к децентрализованной модели сбора, обработки информации и принятия решений. Причем уровень автономности непрерывно растет. В конечном итоге такая система становится активным компонентом, способным самостоятельно управлять своим производственным процессом.

В качестве примера применения киберфизических систем в производстве можно привести завод Chrysler в Толедо. Каждый день здесь выпускается более 700 кузовов для автомобилей Jeep Wrangler.

При этом задействованы 259 немецких роботов KUKA, которые «общаются» с 60 000 (!) других устройств и станков. Обмен и хранение данными

организованы по облачной технологии. Современные решения позволили существенно повысить производительность и гибкость.

Вот, что говорит по этому поводу руководитель немецкого исследовательского центра искусственного интеллекта (DFKI) профессор Вольфганг Вальстер (Prof. Dr. Wolfgang Wahlster): “Киберфизические системы в корне изменяют традиционную логику производства, поскольку каждый рабочий объект будет сам определять, какую работу необходимо выполнить... Появление у машин способности понимать определенную ситуацию приведет к абсолютно новому уровню качества в промышленном производстве. Взаимодействие между большим количеством отдельных компонентов позволит вырабатывать решения, которые ранее было невозможно запрограммировать на производственных установках... “существенно повысить производительность и гибкость.

“Наглядный пример этому – муравейник, где каждое насекомое по отдельности не является особо интеллектуальным, но когда одновременно взаимодействует большое количество муравьев, они могут вырабатывать удивительные решения. Это явление также используется в Индустрии 4.0”.

Инициатива немцев нашла отклик в мире:

— в США в 2014 году создан некоммерческий консорциум промышленного интернета (Industrial Internet),

— в Китае принята доктрина «Китайское производство 2025» и поставлена задача последовательно довести уровень своей промышленности от 2.0 до 3.0 и затем также прорываться к 4.0.

— японцы активно обсуждают собственные концепции “Connected Factories” (подключенных к сети фабрик) для своей индустрии (Monodzukuri)

Проект Индустрия 4.0 инициирован “сверху”. И как любое такое начинание продвигается медленно, обрастает большим количеством организаций. Сами немцы говорят о медлительности, забюрократизированности, отсутствии реальных результатов.

Критикуется типично немецкая склонность все сначала систематизировать и расписать по пунктам и лишь потом начать действовать, поэтому

высказываются опасения, что пока немцы оттачивают формулировки на многочисленных конференциях и форумах, американцы могут продвинуть свой промышленный интернет до практических внедрений.

Однако, согласимся, что лучше медленно, но надежно продвигаться вперед, чем не делать этого вовсе. Отраднo, когда в одной из самых развитых индустриальных стран правительство не останавливается на достигнутом, а прикладывает максимум усилий, чтобы нацелить лучшие умы на решение стратегических задач и спланирует на этом направлении бизнес и науку.

Левые политики Германии высказывают опасения, что Индустрия 4.0 может нанести удар по занятости. Приводятся данные, что в долгосрочной перспективе из 30,9 млн. рабочих мест роботы и компьютеры заменят около 18 млн. — то есть 59 %.

Сторонники прогресса возражают — новые подходы как раз нацелены на стимулирование экономики Европы и устранению диспропорций в международном распределении занятости, возникших в результате безудержного переноса производств в страны третьего мира. Кроме того, четвертая индустриальная революция угрожает далеко не всем профессиям. Рынок труда изменится, будут востребованы профессионализм и компетентность.

Естественно деревообработка в целом и мебельная промышленность в частности не находятся на переднем краю индустриального прогресса. Однако на выставке LIGNA 2015 в Ганновере новые подходы стали заметны и в нашей отрасли. Откровенно говоря, радикальных новинок, связанных именно с киберфизическими системами и «умными фабриками», пока не появилось. Под лозунгами Индустрии 4.0 посетителям предъявлялись более ранние разработки, связанные с автоматизацией и индивидуализацией производства. Просто чаще стали использоваться эпитеты: компьютеризированный, цифровой, интегрированный, интеллектуальный и т.п.

Что действительно бросалось в глаза на LIGNA 2015, так это обилие и разнообразие роботов. Раньше их было меньше и это обычно были

традиционные манипуляторы-перекладчики для загрузки и разгрузки станков или перемещения деталей на складе. Теперь же спектр применений роботов в деревообработке расширился. Был представлен целый ряд роботов для покраски, полирования, паллетирования, для обслуживания пильных центров и межоперационных складов-накопителей деталей.

Активизация интереса в отрасли к роботам может быть связана в том числе с тем, что в 2014 году новым владельцем Homag стала фирма Dürr, специализирующаяся на оборудовании для автомобилестроения, отрасли, где традиционно популярна робототехника.

Ведущими производителями оборудования и фирмами, специализирующимися на автоматизации, были представлены концептуальные проекты гибких мебельных фабрик, способных производить продукцию в режиме Losgröße =1 (нем. «размер партии =1»).

Наш немецкий партнер — консалтинговая фирма Lignum Consulting представила на выставке LIGNA доклад „Семь ключевых элементов интегрированного сетевого производства мебели», а также впервые в истории выставки проводила двухчасовые туры для специалистов на тему Индустрии 4.0 в мебельной промышленности.

Проект Индустрия 4.0 прежде всего решает внутренние задачи Германии, но его последствия не могут не отразиться и на потребителях немецкой техники во всем мире, в том числе и в России.

Предпосылок для разворачивания четвертой индустриальной революции при сегодняшнем уровне наших мебельных и деревообрабатывающих производств у нас пока нет. Однако знать о современных тенденциях важно, например для того, чтобы избежать ошибок при выборе оборудования. В качестве примера из практики можно привести приобретение дорогостоящего оборудования, созданного для современной концепции Losgröße =1 (см. выше) – то есть для гибкого индивидуального производства, и использование его на потоке с размером партий сотни и даже тысячи штук. При этом ожидаемого роста производительности не происходит, а такие функции, как автоматическая

настройка, идентификация деталей, загрузка программ или рабочих листов, современные протоколы обмена данными, становятся бесполезными.

Изучение опыта внедрения проекта Индустрия 4.0 может быть также полезным тем немногочисленным российским фабрикам, которые, не смотря на сложные времена, ставят перед собой амбициозные цели выйти на современный европейский уровень. Для таких предприятий мы готовы предоставить более подробную информацию на данную тему и предложить сотрудничество в модернизации производства.

Принято считать, что первая промышленная революция случилась после внедрения механизации на производстве. Символом второй стала конвейерная сборка на заводах Ford. Третья прошла под лозунгом смещения центра формирования добавленной стоимости из производства в сферу продаж и дизайна. Отныне больше ресурсов требовалось на то, чтобы придумать и продать новый продукт, чем его произвести.

Сегодня можно с уверенностью говорить о технологиях, которые изменят мир через 5–10 лет. Особенно интересно, что технологии, которые эксперты считают столь перспективными, затрагивают как небольшие компании, так и огромные международные корпорации.

Это процесс, характеризующийся полным проникновением интернета и IT-технологий во все сферы человеческой жизни и промышленности — от быта до производства. «Индустрия 4.0» подразумевает применение «интернета вещей» и Big Data на производстве, когда любые звенья связаны между собой с помощью Всемирной паутины, а также самостоятельно находят пути снижения затрат.

Директор современной компании с помощью только одного смартфона может получать полную информацию о работе производства: что меняется, какие пути оптимизации процессов ищут сотрудники? Сами же предприятия будут создавать продукцию, настроенную на нужды индивидуального заказчика, — будь то автомобиль, сделанный под требования притязательного клиента, или платье, учитывающее особенности фигуры. При этом очень важно, что не

происходит удорожания производственных процессов: с помощью связи всех элементов через сеть становится возможным находить оптимальные, не затратные пути исполнения заказов.

И наконец, «Индустрия 4.0» предполагает рациональное использование природных и технических ресурсов, максимально эффективное энергосбережение, вторичную переработку всех отходов и получение из них новых товаров, сырья или энергии. Другими словами, речь идет о внедрении принципиально новой парадигмы: «Ремонт вместо новой покупки, аренда вместо собственности».

Возникновение четвертой волны промышленной революции стало возможным благодаря бурному развитию технологий и проникновению интернета в жизнь каждого человека. Кроме того, в последние годы все большее внимание стали уделять экологии: smart-технологии как раз и призваны правильно рассчитать оптимальные решения для нанесения меньшего вреда окружающей среде.

Еще одна причина заключается в желании человека обустроить место своей ежедневной деятельности в соответствии с самыми комфортными и умными решениями, которые только можно придумать. Так, «Индустрия 4.0» позволяет обычному сотруднику меньше отвлекаться на рутинную работу, больше развивать творческие направления деятельности и в конечном счете просто иметь больше свободного времени. При этом качество производства не только не падает, но, напротив, растет.

По оценкам аудиторской компании PwC, компаниям, успешно реализовавшим концепцию «Индустрия 4.0», больше не приходится выбирать между повышением валовой выручки и увеличением прибыли. Они могут улучшать оба показателя одновременно. «В течение ближайших пяти лет компании — участники исследования ожидают прироста годовой выручки в среднем на 2,9% и сокращения затрат в среднем на 3,6% в год», — говорится в обзоре PwC [4, 27].

Первопроходцы, которые реализуют большие проекты и при этом активно используют цифровизацию, нацелены на еще более высокие результаты.

В целом же, согласно ожиданиям участников исследования PwC, в течение ближайших пяти лет затраты компаний — приверженцев «Индустрии 4.0» сократятся на \$421 млрд, а годовая выручка ежегодно будет расти на \$493 млрд.

Впервые на государственном уровне программа «Индустрия 4.0» была принята в Германии еще в 2011 году. Речь шла о стратегической программе экономического развития страны. Впрочем, сейчас лидером в роботизации производства является Китай. Еще в 2014 году президент КНР Си Цзиньпин произнес речь в Китайской академии наук о грядущей революции роботов, которая сначала трансформирует Китай, а затем и весь мир.

«Правительство КНР ставит задачу ускорить внедрение в китайских компаниях технологий больших данных (Big Data), облачных вычислений (cloud computing), «интернета вещей» (Internet of Things) и сфокусироваться на создании «умных фабрик» (intelligent manufacturing)», — говорил лидер Поднебесной.

К слову, за последние годы китайские компании увеличили инвестиции в высокотехнологические разработки по всему миру и, как результат, по данным International Federation of Robotics (IFR), начиная с 2013 года китайский рынок промышленных роботов стал крупнейшим в мире. При этом к 2020 году в Китае будет в среднем уже 150 роботов на 10 000 промышленных рабочих мест, что втрое больше, чем в 2015 году.

Развитым странам, таким как США и Германии, будет теперь очень сложно обогнать «Восточного дракона». Но это не значит, что им не надо стараться. Так, в США в 2014 году создан некоммерческий консорциум промышленного интернета (Industrial Internet). Японцы тоже не отстают и обсуждают собственные концепции Connected Factories (подключение к сети фабрик) для развития своей индустрии.

В России внедрение новых технологий началось примерно в одно время с другими странами. Однако, учитывая масштабы государства и бюрократическую

систему, раскачка оцифровывания производства в качестве общегосударственной идеи продвигается довольно медленно.

В 2017 году в России была принята специальная дорожная карта «Технет» (передовые производственные технологии). По поручению президента Владимира Путина готовится программа «Цифровая экономика 2024». Несмотря на то, что дорожная карта — это документ, а не призыв к немедленному действию, многие российские предприятия уже вовсю стараются внедрять принципы «Индустрии 4.0». Среди них — «Ростехнологии», «Газпром», «Росатом», «Роснефть», даже финансовый сектор в лице Сбербанка, например, пытается расширить сферу применения IT-технологий в своей практике. Однако пока все перечисленные компании действуют на очевидном энтузиазме, понимая выгоду от инвестиций в будущем.

Между тем, по мнению министра коммуникаций России Николая Никифорова, сейчас надо работать на опережение. «Чтобы не технологии нас ждали, а мы ждали технологии. Надо обеспечить приоритет для технологий, которые основаны на цифровом долгосрочном подходе, и создать среду, в которой будем поощрять инновационные процессы, инвестиции в инновации», — подчеркнул Никифоров.

О том, что тратить время на старые подходы в организации производства уже нельзя, заявлял в свое время и глава Сбербанка России Герман Греф. «Первое последствие четвертой революции — это колоссальный разрыв в доходах между странами-победителями и проигравшими странами», — предупреждал Греф, видимо, исходя из того, что новые технологии меняют не только производство, бизнес, общество, но и само государство [2, 63].

Кстати, соседний Казахстан систему оцифровывания производства перевел сразу на уровень государственной стратегии. Президент страны Нурсултан Назарбаев назвал «Индустрию 4.0» приоритетным проектом, благодаря которому «можно снизить влияние таких негативных факторов, как дефицит рабочей силы высокой квалификации, большие расстояния при одновременном отсутствии выхода к морским торговым путям и малый

внутренний рынок». В результате действующие в настоящий момент в стране госпрограммы тесно связаны с реализацией единой стратегии и принципов «Индустрии 4.0».

Частные же казахстанские компании пошли по этому пути еще раньше. Отличным примером внедрения «Индустрии 4.0» на предприятиях может служить опыт Eurasian Resources Group (ERG), одной из крупнейших в мире компаний, работающих в горнодобывающем и металлургическом секторе, с производственными активами в Казахстане, странах Африки и Бразилии. ERG еще в начале 2016 года запустила работу сразу по шести направлениям «Индустрии 4.0».

Первое — «автоматизация и роботизация». За следующие несколько лет Eurasian Resources Group планирует инвестировать более \$20 млн в системы диспетчеризации техники и управления материальными потоками. Уже сегодня применяемые в производственной деятельности дроны используются для оценки состояния горных работ и мониторинга соблюдения требований промышленной безопасности на карьерах. В компании внедряется инвестиционная программа, направленная на реновацию существующих и строительство новых ферросплавных цехов с высоким уровнем автоматизации. По прогнозам руководства ERG, использование передовых технологий позволит увеличить производительность труда на 20–30%.

Следующее направление — «Интеграция IT-систем». В настоящий момент на предприятиях Группы реализуется проект по интеграции информации на базе специальных датчиков, видеокамер, систем управления производством в центр дистанционного управления и контроля для краткосрочного планирования основных показателей производства. За последние 5 лет ERG уже инвестировала в данное направление более \$250 млн. В единую сеть объединены более 13 тыс. компьютеров, что позволило напрямую связать работников предприятий на всех уровнях взаимодействия.

«Симуляция и моделирование» — третий аспект оцифровывания производства в ERG. Это применение специальных 3D-моделей для ежедневного

управления производством. Данные системы позволяют моделировать месторождения, планировать обработку, анализировать альтернативы и определять оптимальный вариант горных работ в режиме реального времени.

Четвертое направление — «Большие данные и аналитика» — позволяет принимать управленческие решения, основанные на результатах анализа большого количества данных из производственных систем различного уровня, что уже сегодня повышает качество продукции, эффективность процессов и обслуживания оборудования.

«Перечисленные направления «Индустрии 4.0» — это то, что мы в ERG (а я уверен, что и многие коллеги по отрасли) уже делаем. В дополнение к цифровым технологиям мы также планируем развивать аддитивное производство и альтернативную энергетику», — отмечает председатель совета директоров Eurasian Resources Group Александр Машкевич.

В программу Группы также входят применение альтернативных источников энергии (пятое направление) и участие в развитии аддитивных технологий (шестое направление). В настоящий момент ERG участвует в организации алюминиевого кластера и проработке производства сплавов, из которых в перспективе можно будет делать порошки для 3D-принтеров. Интересно, что в компании оценивают предполагаемый объем инвестиций в проекты, нацеленные на внедрение инструментов «Индустрии 4.0» на производстве, в \$1 млрд до 2025 года. При этом ожидаемое увеличение производительности должно составить не менее 20–30%.

Но самое главное — Eurasian Resources Group пытается решить проблемы эффективности производства, не сокращая персонал, а перепрофилируя его. Известно, что эффективность может достигаться посредством сокращения издержек, а использование техники, в частности роботов, заостряет кадровый вопрос. По словам Александра Машкевича, в Группе решили руководствоваться следующим принципом: вместо высвобождения персонала — его переобучение, повышение квалификации и, как следствие, рост объемов производства. «Переобучение высвободившихся рабочих и менеджеров не только поддержит

социальную стабильность, но и даст значительный скачок объемов производства за счет роста производительности труда», — уверен глава ERG.

В Eurasian Resources Group уверены: практика сохранения персонала ведет к повышению производительности, поскольку сотрудники понимают, что им создают новые условия, растет их лояльность и, как следствие, работоспособность. «Мы убедились в этом, переобучив более 8 тысяч человек в рамках программы по внедрению системы ERP на всех наших предприятиях, — подчеркивает Александр Машкевич. — Но мы пошли дальше и работаем над созданием Корпоративного университета Eurasian Resources Group. Его основной целью будет повышение профессиональных и личностных компетенций каждого из 60 с лишним тысяч работников нашей Группы компаний» [5, 14].

Четвертая промышленная революция призывает всех быстрее адаптироваться и вскочить на рельсы бурно развивающихся технологий. Сегодня мы наблюдаем ситуацию, когда успех идет к тем компаниям, которые вплотную работают со стартапами Кремниевой долины, внедряют современные технологии на производствах (при этом некогда экономическое чудо Японии — автоконцерн Toyota со своими принципами Дао по автоматизации производства — считается уже прошлым веком). Жители городов постепенно привыкают к умным домам, возможности решить любую проблему с помощью двух кликов на своем смартфоне. Совершенно очевидно: такие же принципы они хотят перенести и в рабочую среду.

Сегодня тот уникальный момент, когда рынок «Индустрии 4.0» находится в зарождающемся и развивающемся состоянии. А значит, многие компании могут получить преимущества, внедряя принципы производства нового времени. Однако, чтобы стать компанией будущего, действовать необходимо уже сейчас, причем работать на опережение.

Всё более популярными становятся понятия Индустрия 4.0, четвертая промышленная революция и они становятся уже не просто словами, за ними стоят реальные проекты, которые входят в нашу жизнь. Четвертая

промышленная революция представляет собой объединение промышленности и цифровых технологий, приводящее к созданию цифровых производств или умных заводов и фабрик, где все устройства, машины, продукция и люди общаются между собой посредством цифровых технологий и интернета. Концепцию четвертой промышленной революции сформулировал в 2011 году Клаус Шваб — президент Всемирного экономического форума в Давосе. Клаус Шваб в четвертой промышленной революции увидел глобальные изменения человечества, в этой революции больше изменятся не продукты, а сами люди и соответственно весь мир.

Понятие «Индустрия 4.0» является синонимом четвертой промышленной революции, под таким названием объединяются проекты четвертой промышленной революции и внедряются на предприятиях. Данное направление было создано в Германии и представлено на выставке в Ганновере, и случилось это благодаря тому, что ранее правительство Германии потребовало более широкого внедрения цифровых технологий в производство. Также термином «Индустрия 4.0» называется и государственная программа Германии по развитию экономики путем создания автоматизированных, общающихся с внешней средой, а также персонализированных цифровых производств. На сегодняшний день именно Германия лидирует в темпах развития Индустрии 4.0. Но похожие программы реализовываются и в других странах, например, в Китае — «Сделано в Китае 2025», в Японии – «Connected Factories» подключение фабрик к сети, в США — Industrial Internet и т.д. Данные программы резко повысят конкурентоспособность производителей данных стран и они станут лидерами рынка.

Индустрия 4.0 ведет к массовым внедрениям киберфизических систем в производстве, к автоматизации большинства производственных процессов, наделению устройств искусственным интеллектом и внедрению многих других современных технологий. Все это существенно сказывается на повышении производительности и снижении себестоимости продукции.

Именно поэтому компания Adidas возвращает свои фабрики из Азии назад в Германию, так как роботы будут создавать кроссовки гораздо быстрее и дешевле, при этом кроссовки не надо транспортировать из Азии в Германию, а также уплачивать таможенные пошлины, затраты на логистику и т.д.

Кроме того, Индустрия 4.0 позволяет сделать рынок персонализированным, т.е. в приоритете становится разработка и производство продуктов индивидуально под каждого человека. Сегодня фабрики пока еще создают одинаковую продукцию в больших количествах, чтобы создать ту же продукцию, но другого цвета, размера или исполнения им необходимо переналадить оборудование. Индустрия 4.0 позволяет создать массовое производство индивидуальных заказов, при этом цена продукции будет меньше.

Так для фабрики, производящей жидкое мыло, разработано оборудование, которое считывает с микрочипа, вшитого в бутылочке, с каким ароматом было заказано мыло и разливает мыло в соответствии с заказом, при этом бутылочки движутся по конвейеру одна за другой, но разливается разное мыло. А компания Nike предоставляет возможность раскрасить свои кроссовки в мобильном приложении или на своем сайте и сделать заказ кроссовок именно Вашей расцветки, индивидуально для Вас.

Первой промышленной революцией стало изобретение парового двигателя во второй половине XVII века в Великобритании. Но период революции охватывает XVIII—XIX века, в разных странах революция протекала не одновременно. Паровые двигатели использовали в насосах, затем в паровозах, пароходах, а также и в производстве. Паровая энергия повлияла на развитие металлургии, машиностроения, транспорта и других отраслей промышленности. Произошел переход от ручного труда к механическому и наблюдался резкий рост производительности.

Вторая промышленная революция связана с изобретением конвейера Генри Фордом и поточным производством. Период охватывает времена со второй половины XIX по начало XX веков. В этот период также родилось множество других изобретений, бессемеровский способ выплавки стали, как

первый недорогой способ получения качественной стали, электрическая энергия, широкое использование химикатов, телефон, телеграф и т.д.

Третья промышленная революция или «Цифровая революция» проходила в конце XX века (с 1970 г.) и связана с развитием электроники, цифровизации, компьютеризации, информационных систем, а также изобретением робота [3, 40].

Четвертая промышленная революция берет начало в 2011 году, как Германская частно-государственная программа *industrie 4.0*, в рамках которой германские компании при поддержке федерального правительства в виде грантов создают цифровые, умные производства, устройства и изделия которых взаимодействуют друг с другом, и обеспечивают персонализированный выпуск продукции.

В Германии были сформулированы некоторые принципы Индустрии 4.0:

1. Совместимость – все устройства и машины должны уметь общаться друг с другом на одном языке посредством интернета вещей, т.е. они должны быть совместимы.

2. Прозрачность – создание цифровой копии продукта, сбор данных с микрочипов и датчиков посредством которых устройства общаются.

3. Техническая поддержка – программное обеспечение производит сбор, анализ, систематизацию, визуализацию данных, полученных с датчиков, и помогает человеку принимать решение или принимает их в автоматическом режиме, тем самым высвобождая человеческие ресурсы.

4. Децентрализация управленческих решений, автоматизация различных решений системами, максимально полное человекозамещение.

Одним из важных составляющих Индустрии 4.0 является не продукт, а данные. Цифровизация производства связана с данными, большими массивами данных, которые нужно считывать, собирать, анализировать, систематизировать, обрабатывать, хранить, передавать, представлять в нужном виде и многое другое. Для этого необходимы соответствующие информационные системы,

программные обеспечения, средства беспроводной передачи данных, облачные сервисы для обмена и хранения данных.

Практически все предметы и устройства будут включать в себя микрочипы и датчики, посредством которых и будут общаться друг с другом. К 2025 году планируется подключить 75,4 млрд предметов к интернету.

Необходим язык для общения между устройствами разных брендов.

Индустрия 4.0 охватывает всевозможные направления и технологии.

Технологии Индустрии 4.0:

1. Аддитивные технологии, 3d-печать
2. Моделирование и визуализация
3. Интеграция систем
4. Интернет вещей
5. Кибербезопасность
6. Облачные сервисы
7. Дополненная реальность
8. Виртуальная реальность
9. Автономные роботы, роботизация
10. Планирование и анализ онлайн
11. Искусственный интеллект
12. Энергоэффективные технологии
13. Альтернативная энергетика
14. Большие данные и аналитика
15. Дистанционное обслуживание

Объединение всех этих составляющих Индустрии 4.0 сделает предприятие максимально автоматизированным и конкурентоспособным, а следовательно, номером 1 на мировом рынке.

Проекты рождаются один за другим, поле деятельности обширное, но наиболее известные из них, и которые уже заявили о себе можно привести в качестве примера Индустрии 4.0.

1. Очки дополненной реальности. Рабочий, надев данные очки, видит все необходимые инструкции по его работе. Так на авиационных заводах очки помогают распознать провода в самолетах и сделать правильные их соединения электрикам.

2. Модуль моделирования и визуализации. При проектировании обработки детали в САМ-системе программист может произвести симуляцию обработки детали на виртуальном станке и убедиться в отсутствии столкновений органов станка и зарезов детали.

3. Программное обеспечение, позволяющее соединить станки в одну сеть. Вся информация со станков стекается в данное ПО, которое систематизирует данные, а также сигнализирует о различных событиях (простое, перегреве, вибрации, износе узлов, времени работы и т.д.).

4. Самовосстанавливающееся оборудование. При достижении некоторого износа деталей станка, станок сообщит об этом механику и сам закажет запасную часть на заводе изготовителе или в службе снабжения предприятия, также предупредит о скором ремонте. Реализовывается с помощью специальных датчиков на станке. Поломка станка больше не будет сюрпризом, что исключит простои оборудования.

5. Автоматический заказ компонентов. На сборку изделия гарантированно поступят все необходимые комплектующие и в нужном количестве, т.к. при получении заказа на изготовление изделия система сама проверит их наличие на складе и сделает заказ всего необходимого заранее.

6. Станок общается с заготовкой и другими объектами. Станок считывает с микрочипа на заготовке необходимые данные, как ее нужно обработать, какими инструментами и производит эту обработку.

7. Цифровая копия продукта. Электронный клон наделен всеми характеристиками физического продукта, что позволяет более точно осуществлять анализ конструкции.

8. Единое цифровое пространство промышленности.

9. Удаленная настройка оборудования для производства умной продукции.

10. Мониторинг всех производственных, технологических и других процессов. Например, мониторинг доставки продукта от производителя до конечного пользователя.

11. Внутрицеховое перемещение деталей без участия человека.

12. И многие другие.

Имеется и негативная сторона медали Индустрии 4.0. Массовая роботизация и автоматизация приведет к освобождению рабочих мест, большое количество людей может остаться без работы, потребуется переобучение специалистов на другие профессии, но также появится и множество новых профессий.

Ценность низко- и среднеквалифицированного труда будет резко снижена, что может привести к снижению доходов и материальных благ среднего класса. Переход на высококвалифицированный труд довольно сложен и будет доступен не всем. Средний класс составляет широкую прослойку населения страны и снижение доходов среднего класса может привести к расшатыванию политической системы в стране.

Также имеется предпосылка, что вызванная в результате Индустрии 4.0, низкая покупательская способность населения, приведет к низкому спросу на продукцию, и рентабельность многих предприятий, производящих не жизненно важных продуктов, окажется под вопросом.

Будет наблюдаться резкая разница между странами, успешно внедривших Индустрию 4.0, и отстающими в этом плане странами. Мировое богатство будет сосредоточено у стран победителей, так как они будут на порядок конкурентоспособнее. Многие предприятия, которые не смогут трансформироваться закроются, независимо от их известности и долгого успеха до Индустрии 4.0.

В связи с тем, что четвертая промышленная революция связана с данными, интернетом, цифровыми технологиями, то появляется и угроза информационной

безопасности, угроза хакерских атак, вывод из строя оборудования, хищение секретной информации военных производств, а также информации, обладающей коммерческой тайной предприятия. Поэтому требуется реализация средств информационной безопасности и антивирусных обеспечений.

Также опасностью является то, что автоматизация заменит умственную и физическую деятельность людей, производственные работники будут лишь наблюдать за роботами и тем самым у людей может атрофироваться память и другие функции мозга. Необходимо вовлекать людей в решение различных задач для всеобщего развития.

Как будет реализовываться четвертая промышленная революция на деле не известно, об этом говорит и сам Клаус Шваб — возможно Индустрия 4.0 будет реализовываться сразу по нескольким сценариям, известным нам по прошлым промышленным революциям.

Индустрия 4.0 позволит выйти на новый уровень человеческого развития и качества жизни. Она изменит отношение людей и самих людей.

Мир стоит на пороге новой, четвертой промышленной революции («Индустрия 4.0»), которая приведет к полной автоматизации большинства производственных процессов, и, как следствие, увеличению производительности труда, экономического роста и конкурентоспособности ее стран-лидеров. Для России «Индустрия 4.0» представляет собой шанс для изменения роли в глобальной экономической конкуренции, но российская экономика пока не использует в полной мере имеющийся потенциал.

Концепция «Индустрии 4.0» была сформулирована в 2011 г. президентом Всемирного экономического форума в Давосе Клаусом Швабом.

Суть «Индустрии 4.0» состоит в ускоренной интеграции киберфизических систем в заводские процессы, в результате чего значительная часть производства будет проходить без участия человека.

С «Индустрией 4.0» связаны такие понятия, как «промышленный интернет вещей» и «цифровое предприятие».

По оценкам Всемирного Банка и компании General Electric, «Индустрия 4.0» может принести мировой экономике до \$30 трлн.

По оценке аналитиков НИУ ВШЭ, переход к «Индустрии 4.0» приведет к росту энергоэффективности и конкурентоспособности экономики, стиранию границ между отраслями и снижению техногенного влияния на окружающую среду.

По данным PwC, производители промышленных товаров из различных стран мира планируют до 2020 г. ежегодно вкладывать в развитие направления «Индустрия 4.0» \$907 млрд в год.

Лидером развития «Индустрии 4.0» является Германия, где создан аналог Кремниевой долины — Intelligent Technical Systems OstWestfalenLippe. Аналогичные программы запущены в Нидерландах, Франции, Великобритании, Италии, Бельгии и др. В США с 2012 г. существует некоммерческая «Коалиция лидеров умного производства», объединяющая бизнес, университеты и госструктуры.

Переход к «Индустрии 4.0» приведет к принципиальному изменению структуры занятости — сотни тысяч сотрудников могут остаться без работы, а странам, осуществляющими четвертую промышленную революцию, будет необходимо их трудоустроить, чтобы избежать социального взрыва.

Согласно докладу экспертов Всемирного экономического форума (ВЭФ), к 2020 г. без работы могут остаться 5 млн человек. Создатель концепции «Индустрия 4.0» Клаус Шваб утверждает, что приход «умных» производств грозит ростом неравенства как внутри национальных экономик, так и на глобальном уровне.

Аналитики Boston Global Group (BGG) прогнозируют изменение структуры промышленных компетенций и профессий: увеличится спрос на сотрудников, обладающих навыками в сфере разработки программного обеспечения и IT.

Четвертая промышленная революция приведет к перераспределению места стран в глобальной конкуренции — это представляет собой шанс для России.

В Индексе глобальной конкуренции Всемирного экономического форума (ВЭФ) Россия в 2017 г. поднялась на 43 место за счет высокого качества образования, развития инфраструктуры и инновационного потенциала, то есть показателей, имеющих прямое отношение к «Индустрии 4.0».

Создание по инициативе «Ростелекома» и «Роскосмоса» Ассоциации содействия развитию Промышленного интернета можно считать первым шагом по переходу России к «Индустрии 4.0».

Глобальный рынок услуг, соответствующих требованиям «Индустрии 4.0», в настоящее время оценивается примерно в \$773 млрд, но доля России на нем пока составляет лишь 0,28%.

Ключевые барьеры для перехода России к «Индустрии 4.0» — низкий уровень оцифрованности и недостаточные затраты предприятий на инновации.

Доля расходов на исследования и разработки в бюджетах мировых лидеров автомобильной индустрии более чем в 6 раз выше, чем у российских компаний, а в случае телекоммуникационной отрасли разрыв носит 10-кратный характер.

В феврале 2017 г. правительство РФ утвердило первую «дорожную карту» по развитию Национальной технологической инициативы (НТИ) — «Передовые производственные технологии» — «Технет».

Цель «дорожной карты» — увеличение доли России на рынке глобальных услуг, соответствующих требованиям «Индустрии 4.0» как минимум до 1,5%.

Наиболее перспективными направлениями для развития должны стать цифровое проектирование и моделирование, новые материалы, аддитивные технологии, индустриальный интернет и робототехника.

На первых этапах «дорожная карта» будет охватывать не менее 8 отраслей промышленности. Реализация таких проектов уже началась: в автомобилестроении это беспилотный коммерческий транспорт компании «Волгобас», в судостроении — самый большой атомный ледокол в мире проекта

22220 «Арктика». Финансовую поддержку перспективным проектам намерен оказывать ВЭБ.

Термин «Индустрия 4.0» появился в Европе: в 2011 году на одной из промышленных выставок в Ганновере правительство Германии заговорило о необходимости более широкого применения информационных технологий в производстве. Специально созданная для этого группа официальных лиц и профессионалов разработала стратегию превращения производственных предприятий страны в «умные». Этому примеру последовали и другие страны, активно осваивающие новые технологии. А термин «Индустрия 4.0» стали использовать как синоним четвертой промышленной революции. Суть ее в том, что сегодня материальный мир соединяется с виртуальным, в результате чего рождаются новые киберфизические комплексы, объединенные в одну цифровую экосистему. Роботизированное производство и «умные» заводы — один из компонентов трансформированной отрасли. Четвертая промышленная революция означает все большую автоматизацию абсолютно всех процессов и этапов производства: цифровое проектирование изделия, создание его виртуальной копии, совместная работа инженеров и дизайнеров в едином цифровом конструкторском бюро, удаленная настройка оборудования на заводе под технические требования для выпуска этого конкретного «умного» продукта, автоматический заказ необходимых компонентов в нужном количестве, контроль их поставки, мониторинг пути готового продукта от склада на фабрике до магазина и до конечного клиента. Но и после продажи производитель не забывает о своем продукте, как это было раньше в классической модели: он контролирует условия использования, может менять настройки удаленно, обновлять программное обеспечение, предупреждать клиента о возможных поломках, а под конец цикла использования — принимать продукт на утилизацию.

Так теперь производят все что угодно — от «умных» чайников и сковородок до смартфонов. В прошлом году Apple начала программу переработки старых айфонов: роботы разбирают их, снимают самые ценные

детали, которые затем снова используются, остальное утилизируется, причем с минимальным вредом для внешней среды. Концепцию Индустрии 4.0 часто изображают в виде математического знака бесконечности — он иллюстрирует этот бесконечный цикл взаимодействия производителя с продуктом и с клиентом.

Немцы сформулировали несколько основных принципов построения Индустрии 4.0, следуя которым компании могут внедрять сценарии четвертой промышленной революции на своих предприятиях.

Первый — это совместимость, что означает способность машин, устройств, сенсоров и людей взаимодействовать и общаться друг с другом через интернет вещей (IoT).

Это ведет к следующему принципу — прозрачности, которая появляется в результате такого взаимодействия. В виртуальном мире создается цифровая копия реальных объектов, систем функций, которая точно повторяет все, что происходит с ее физическим клоном. В результате накапливается максимально полная информация обо всех процессах, которые происходят с оборудованием, «умными» продуктами, производством в целом и так далее. Для этого требуется обеспечить возможность сбора всех этих данных с сенсоров и датчиков и учета контекста, в котором они генерируются.

Техническая поддержка — третий принцип Индустрии 4.0. Суть его в том, что компьютерные системы помогают людям принимать решения благодаря сбору, анализу и визуализации всей той информации, о которой говорится выше. Эта поддержка также может заключаться в полном замещении людей машинами при выполнении опасных или рутинных операций.

Четвертый принцип — децентрализация управленческих решений, делегирование некоторых из них киберфизическим системам. Идея в том, чтобы автоматизация была настолько полной, насколько это вообще возможно: везде, где машина может эффективно работать без вмешательства людей, рано или поздно должно произойти человекозамещение. Сотрудникам при этом отводится

роль контролеров, которые могут подключиться в экстренных и нестандартных ситуациях.

В результате перехода промышленности на эти принципы происходит также изменение в бизнес-моделях. Так, вместо фокуса на бережливом производстве компании стремятся внедрять выпуск персонализированной массовой продукции по принципам Agile и переходить на выпуск партий размером с один-единственный продукт. При этом сохраняется принцип экономии: роботизированное производство более энергоэффективно, сопровождается меньшим количеством отходов и брака.

Трансформация производственной отрасли называется революцией именно потому, что изменения происходят не поверхностные, а радикальные: индустрия перестраивается сверху донизу. Меняются бизнес-модели, рождаются новые компании, всемирно известные бренды с долгой историей стираются с лица земли, если они не успевают влиться в ряды цифровых революционеров. Клиенты поменяли свое поведение, они хотят индивидуального подхода, уникальных товаров и никакого «ширпотреба». Рожденные в СССР хорошо помнят, что означает это слово. Советские предприятия выпускали одинаковую мебель, одежду, посуду огромными тиражами и заваливали этими товарами всю страну. Квартиры, люди, улицы, дома выглядели одинаково, куда бы ни обратился взгляд внешнего наблюдателя — будь то Владивосток, Краснодар или Калининград. Следующие поколения так называемых *native digital*, которые выросли в эпоху интернета, привыкли к тому, что перед ними открыт целый мир предложений: миллионы вариантов принтов на футболках, все оттенки джинсов, какая угодно техника и мебель на расстоянии одного клика. Они не хотят быть одинаковыми, они стараются подчеркнуть свои индивидуальные особенности и выразить настроение.

Предприятиям, привыкшим производить одинаковые вещи, приходится перестраиваться. Внедрение принципов Индустрии 4.0 позволяет получить ряд преимуществ, недоступных в традиционных моделях прошлого. Например, теперь компании могут достичь индивидуального подхода и персонализировать

заказы согласно личным предпочтениям клиентов, что резко повышает их лояльность. Старые заводы и фабрики превращаются в «умные» и начинают выпускать буквально штучные продукты по индивидуальному заказу. При этом снижаются удельные затраты на производство единицы продукции, компании получают возможность производить уникальный персонализированный продукт по стоимости массового стандартизированного продукта.

Например, сегодня можно, сидя в кафе на Тверской, скачать приложение Nike или зайти на сайт компании, выбрать модель кроссовок, раскрасить их цветами любимой футбольной команды, оплатить и получить спустя несколько недель. Стоить это будет \$120 без учета доставки — не дороже, чем обычные неперсонализированные кроссовки этой же компании.

Производитель же получает возможность предлагать клиентам большое количество уникальных опций для своего продукта, что дает дополнительный источник прибыли и повышает маржинальность бизнеса.

По индивидуальному заказу могут выпускаться и двигатели, и серверы, и вообще все что угодно. На заводе Fujitsu Siemens в немецком городе Аугсбург выпускаются компьютерные системы и серверы буквально поштучно под конкретного заказчика.

Затраты на выпуск продукции по индивидуальному заказу на предприятии с глубокой автоматизацией невелики: если в прошлом под каждую такую пару кроссовок пришлось бы перенастраивать оборудование руками, то сегодня это делает компьютерная система сама и за считанные секунды. Роботизация заводов Tesla, выпускающих электромобили, позволила компании развернуть производство не в Китае, а в Калифорнии. Это оказалось дешевле, чем использовать труд китайских рабочих, а потом платить за транспортировку готовых машин. Четвертая промышленная революция, как видно, меняет не только бизнес отдельных компаний, она влияет на расстановку сил на глобальном уровне. Кто бы мог подумать, что производитель автомобилей, которому нет и десятка лет — Tesla основана в 2008 году, — обгонит по капитализации лидера второй промышленной революции, которая произошла в

результате изобретения конвейера и перехода на массовое производство, — Ford Motors.

Благодаря новым технологиям и другой известный производитель — компания adidas — переносит свое производство обратно в Германию. На новой фабрике все операции будут выполнять роботы. Это не только оптимизирует производство, но и резко увеличит скорость.

Роботизация заводов Tesla, выпускающих электромобили, позволила компании развернуть производство не в Китае, а в Калифорнии. Роботизация заводов Tesla, выпускающих электромобили, позволила компании развернуть производство не в Китае, а в Калифорнии.

Не все компании с долгой историей переживут эту волну цифровой трансформации. 52 % компаний из рейтинга Fortune 500 от 2000 года сегодня не существует. Но те, которые смогут перестроиться, выиграют вдвойне: потребители лояльны к уважаемым брендам и готовы оставаться с ними, если те переходят на индивидуальный подход. Так, например, акции компании Harley-Davidson после трансформации бизнеса в партнерстве с SAP и за счет внедрения принципов Индустрии 4.0 выросли в семь раз за шесть лет. И это несмотря на то, что компания пережила серьезное падение спроса на свою продукцию из-за экономического кризиса. Теперь можно заказать свою особенную модель легендарного Harley в любимых цветах и получить ее уже через шесть часов прямо с завода. Производственная компания BPP-Rotax благодаря решениям SAP смогла наладить производство персонализированных моторов для легких самолетов, снегоходов и автомобилей для картинга. Лояльность клиентов компании, которые теперь могут получать двигатель исходя из собственных предпочтений и под конкретные нужды, значительно выросла — как и продажи BPP-Rotax.

Переход на умное производство, конечно, не такое простое дело. Если компания использует старую версию ERP-системы, то это может оказаться «узким местом» при внедрении принципов Индустрии 4.0. Если требуется индивидуальная конфигурация при производстве десятков тысяч готовых

изделий, то объемы данных возрастают на несколько порядков, и поддержать такое количество информации способна только специально созданная для этого система. Такая, как, например, SAP S/4HANA — ERP-система нового поколения, корпоративное решение для управления ресурсами предприятия. Система разработана с учетом самых современных технологий: поддержки интернета вещей, машинного обучения, обработки больших массивов данных в оперативной памяти. Она умеет решать задачи бизнеса, которые раньше из-за недостаточного развития технологий или неоправданно высоких затрат человеческих ресурсов было сложно реализовать.

Например, один из клиентов SAP производит один двигатель каждые восемь секунд на трех производственных линиях. На таком комплексном производстве под индивидуальный заказ клиента необходимо выполнять десять тысяч материальных транзакций в минуту. Благодаря использованию S/4HANA компания производит списания компонентов в режиме реального времени без необходимости пакетной обработки в конце каждой смены. Это позволяет в каждый момент времени иметь актуальную информацию об остатках товарно-материальных ценностей. S/4HANA поддерживает функциональность точного планирования производства и возможность планирования по полной логистической сети на единых основных данных и в одной системе. Это существенно повышает точность и оперативность планирования.

Библиографический список:

1. Акаев А.А. У России немалые шансы создать новую индустрию // Мир перемен. – 2014. – № 1. – С. 15-20.
2. Искаков Б.А., Таутаев Е.М. Введение в индустрию наносистем // В сборнике: Нанoeлектроника, нанoфотоника и нелинейная физика доклады XI Всероссийской конференции молодых ученых. – 2016. – С. 63-64.

3. Кавато А. Индустрия - основа крепкой и богатой экономики // Мир перемен. – 2014. – № 1. – С. 39-40.
4. Пирожков В., Трушин А. Индустрия 4.0 // Прямые инвестиции. – 2014. – № 4 (144). – С. 26-28.
5. Смирнов Н. "Сибур": в индустрию 4.0 через цифровой краудсорсинг // Директор информационной службы. – 2017. – № 10. – С. 14.