

УДК 338.984

DOI: 10.34670/AR.2021.36.86.029

Цифровизация производственных процессов в рамках концепции «Индустрия 4.0»

Лютягин Дмитрий Владимирович

Кандидат экономических наук,
доцент кафедры производственного и финансового менеджмента,
Российский государственный геологоразведочный
университет им. Серго Орджоникидзе,
117997, Российская Федерация, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23;
e-mail: l-d-v@list.ru

Зюков Вячеслав Алексеевич

Технический директор,
ООО «Ангар»,
117216, Российская Федерация, Москва, б-р Дмитрия Донского, 11/1;
e-mail: me@viacheslav.net

Аннотация

Статья посвящена проблемам цифровой трансформации промышленных предприятий, которые анализируются в свете операционной эффективности, а также вопросам интеграции различных диджитал-решений в едином информационном поле предприятия. Рассматривается сущность цифровизации производственных процессов, выделяются преимущества, которые цифровизация дает бизнесу. Обозначаются и структурируются предпосылки в области управления производством и операционной деятельности, которые толкают предприятия к поиску цифровых инструментов для управления производственным персоналом, эффективному равномерному распределению трудовых задач и осуществлению сквозного контроля за операциями производства продукции и оказания сервисных услуг. Анализируются основные понятия и инструменты, связанные с концепцией «Индустрия 4.0», дается краткий обзор методик «точно вовремя», «канбан» и др. В статье исследуются базовые вопросы операционной эффективности предприятий и способов повышения и удержания эффективности. В свете задач по повышению операционной эффективности исследуются возможности использования микросервисных технологий для повышения эффективности промышленных операций. Приводятся практические рекомендации и мероприятия, основанные на внедрении микросервисных технологий в сфере управления и контроля оперативных рабочих на каждом технологическом переделе, которые доступны отечественным компаниям, для которых характерен дискретный метод производства.

Для цитирования в научных исследованиях

Лютягин Д.В., Зюков В.А. Цифровизация производственных процессов в рамках концепции «Индустрия 4.0» // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2021. Том 11. № 9А. С. 235-247. DOI: 10.34670/AR.2021.36.86.029

Ключевые слова

Цифровизация, цифровая трансформация, Индустрия 4.0, промышленные предприятия, операционная эффективность, микросервисные технологии, производительность труда.

Введение

В последние десятилетия во всех развитых, а также во многих развивающихся странах происходит интенсивная цифровизация производственных компаний в рамках концепции «Индустрия 4.0». Цифровая трансформация позволяет предприятиям повышать эффективность бизнес-процессов, снижать издержки, наращивать производительность труда и увеличить уровень отдачи от использования основных фондов, рационально использовать сырьевые ресурсы и получать множество других полезных эффектов.

Внедрение современных технологий дает компаниям возможность качественно изменить производственные процессы. Кроме того, в развивающихся странах цифровизация, как правило, является локомотивом экономического развития, так как позволяет эффективно мобилизовать имеющиеся ресурсы и стимулирует процессы интеграции национальных экономик в международную систему разделения труда [Fuentelsaz, Gómez, Palomas, 2009].

В России бизнес и государство ведут активную деятельность в сфере цифровизации. Тем не менее на текущий момент большинство отечественных компаний находятся лишь на начальной стадии цифровой трансформации. В частности, результаты исследования «Индекс готовности российских компаний к цифровой трансформации» показывают, что 91% производственных компаний нашей страны работают по архаичным бизнес-моделям. Однако 78% респондентов заявили о готовности внедрять передовые цифровые технологии в ближайшие 3-5 лет. При этом на текущий момент производственные процессы цифровизованы на высоком уровне только у 4% предприятий, и только 5% предприятий активно используют цифровые технологии для повышения эффективности обеспечивающих бизнес-процессов [Галимова, 2019].

Можно выделить ряд базовых причин низкой готовности российских предприятий к цифровой трансформации: отсутствие необходимой организационной культуры, устаревшие подходы к управлению, отсутствие знаний в области внедрения современных технологий, отсутствие актуальных цифровых данных о производстве и формирующих их систем. Многие российские компании не осознают возможностей, которые им предоставляет цифровизация, не готовы инвестировать в нее и проводить свою трансформацию. Таким образом, весьма актуальной является проблема ускорения цифровой трансформации отечественного бизнеса.

Цель настоящей работы – оценить характер влияния цифровой трансформации по модели «Индустрия 4.0» на операционную эффективность и качество работы промышленных предприятий, а также подобрать оптимальные инструменты и решения для предприятий, задействованных в сервисном сегменте, ТООР и имеющих высокую трудоемкость операций.

Статья опирается на эмпирические данные российских производственных компаний и на опыт отечественных разработчиков средств автоматизации производственных процессов, собранных под брендом ООО «Ансгар» и развивающих аппаратно-программный комплекс Odinn.

Теоретические основы цифровизации промышленного производства

Под цифровизацией предприятия принято понимать преобразование имеющихся бизнес-процессов в их цифровые аналоги для получения операционных и финансовых эффектов [Henriette, Feki, Boughzala, 2015, [www](#)]. При этом преобразование бизнес-процессов осуществляется через их трансформацию, а инструменты цифровизации позволяют нарабатывать объективные данные о производстве и в полной мере задействовать математический аппарат и элементы искусственного интеллекта для качественного роста операционной эффективности и удержания достигаемых эффектов на долгосрочном базисе.

Несмотря на то, что проблемы цифровизации стали предметом активного изучения для ученых и специалистов-практиков только в последние годы, перспективы цифровой трансформации и перехода к цифровой экономике стали обсуждаться в научной среде уже в конце прошлого века [Digital transformation..., [www](#)]. Тем не менее на текущий момент количество научных исследований по проблемам цифровой трансформации операционных процессов промышленных предприятий остается относительно небольшим. Основная доля этих исследований посвящена исключительно теоретическим и концептуальным аспектам цифровизации, а также практическим проблемам цифровой трансформации на макроуровне. В них редко рассматриваются процедуры моделирования бизнес-процессов и оценки эффективности трансформации. Следует отметить, что в связи с относительно невысоким уровнем проникновения цифровых технологий в российский бизнес существует недостаток исследований по проблемам эффективности цифровизации в отечественных компаниях.

По мнению А. МакАфи и Е. Бринолфссона, внедрение цифровых технологий способствует росту интенсивности конкурентной борьбы в различных отраслях. При этом компании, не умеющие адекватно реагировать на вызовы цифровой экономики, сталкиваются с серьезным риском потери конкурентных преимуществ и даже потери бизнеса. В связи с трансформацией конкурентных отношений увеличился разрыв между лидерами рынков и их аутсайдерами [McAfee, Brynjolfsson, 2008, [www](#)].

Дж. Манийка и др. отмечают, что цифровая трансформация дает бизнесу качественно новые возможности, позволяет повысить рентабельность активов, оптимизировать процессы управления инновациями и эффективнее управлять и распределять трудовые ресурсы [Manuika et al., 2015]. С ними согласны Л. Фьюнтелсанз и др., которые полагают, что внедрение цифровых технологий непосредственно влияет на прибыльность промышленных компаний за счет изменения производственных процессов [Fuentelsaz, Gómez, Palomas, 2009]. Отметим, что уже в 1980-е гг. М. Либерман и Д. Монтгомери высказывали точку зрения, согласно которой лидерство в области информационных технологий позволяет бизнесу воспользоваться преимуществами пионеров отрасли и повысить прибыльность в долгосрочном периоде [Lieberman, Montgomery, 1988].

Х. Бауман и др. провели опрос руководителей промышленных компаний в 11 странах и пришли к выводу о том, что предприятия, цифровизировавшие свои основные рабочие процессы, как правило, реализуют наиболее эффективные стратегии развития [Bouwman, de Reuver, Nikou, 2017, [www](#)].

Р. Доббс и др. пришли к выводу о том, что рост прибыльности отдельных отраслей зависит от уровня их цифровизации, а максимальный объем прибыли на вложенный капитал демонстрируют фирмы, прошедшие все основные этапы цифровой трансформации [Dobbs et al.,

2015]. По результатам исследования Дж. Бугина и Н. ван Зиброка видно, что предприятия, максимально использующие возможности цифровизации, получают доходы выше средних по отрасли [Bughin, van Zeebroeck, 2017, [www](#)]. При этом Дж. Манийка и др. подчеркивают, что эффективная цифровая трансформация не сводится к механическому внедрению информационных технологий в рамках уже отработанных бизнес-моделей, а подразумевает комплексную реструктуризацию и оптимизацию бизнес-процессов [Manyika et al., 2015].

В связи с высокой интенсивностью внедрения на промышленных предприятиях новых технологий, многие из которых позволяют качественно изменить процесс производства, в последние десятилетия в научных кругах получил широкое распространение термин «четвертая промышленная революция». Эта революция ассоциируется с массовым применением киберфизических систем и описывается с помощью концепции «Индустрия 4.0». Основными элементами данной концепции являются технология анализа больших данных, Интернет вещей, блокчейн, машинное обучение, дополненная и виртуальная реальность и прочие технологии.

Концепции «Индустрия 4.0» посвящены научные исследования [Цифровые технологии..., [www](#)]. Считается, что инструментарий, внедряемый в рамках данной концепции, является в текущих условиях наиболее эффективным инструментарием повышения конкурентоспособности и качества продукции. С помощью киберфизических систем можно проводить мониторинг реальных производственных объектов, дополняя их специально сформированными виртуальными объектами, и строить системы поддержки принятия управленческих решений по сетевому принципу. Для построения таких систем необходимы специфические пользовательские интерфейсы, которые могут быть использованы для обработки, интерпретации и анализа собираемых данных для последующего их представления в виртуальной среде.

Интернет вещей позволяет связывать между собой различные киберфизические системы и сотрудников в реальном времени как в рамках внутренних производственных процессов, так и в рамках взаимодействия с внешней средой [Hersent, Boswarthick, Elloumi, 2012]. Интеграция различных систем с использованием облачных технологий дает возможность повысить эффективность контроля и качество принимаемых управленческих решений.

Важным компонентом Индустрии 4.0 является работа с большими данными. Этому компоненту в последнее время ученые уделяют особое внимание. Анализ больших данных, полученных из Интернета вещей, активно практикуется во многих современных промышленных компаниях.

С помощью технологий дополненной реальности разрабатываются контекстно зависимые и интерактивные интерфейсы пользователей с применением компьютерного зрения и распознавания физических объектов [Navab, 2004]. Эти возможности делают дополненную реальность важным компонентом Индустрии 4.0, позволяющим ощутимо повысить эффективность взаимодействия в человеко-машинных системах. С помощью технологий дополненной реальности люди могут обучаться в интерактивном режиме и получать комплексную поддержку в процессе выполнения производственных операций. При этом отпадает необходимость регулярно использовать техническую документацию на электронных или бумажных носителях. Процесс оказания технологической или производственной «помощи» становится моментальным и объективным, что кардинальным образом влияет на скорость производственного процесса и эффективность через рост производительности труда.

В процессе производства продукции, как правило, присутствуют рутинные повторяющиеся операции, которые могут занимать более половины рабочего времени производственного

персонала. Для облегчения выполнения этих задач, а также для повышения качества и точности работ целесообразно внедрять технологии «цифровых рабочих». Это позволяет сократить непроизводительные затраты и снизить количество ошибок, возникающих из-за человеческого фактора. В результате повышается общая операционная эффективность деятельности предприятия.

Цифровой рабочий – это человеко-машинная система, которая позволяет выполнять рутинные производственные операции в автоматизированном режиме и контролировать качество выполняемой работы в реальном времени. Работа сотрудника в рамках рассматриваемой системы предполагает его обучение выполнению определенных производственных функций с помощью специальных компьютерных алгоритмов. Системы типа «цифровой рабочий» разрабатываются и реализуются на базе технологии Robotic Process Automation (RPA). Она позволяет давать работнику инструкции и контролировать их выполнение с помощью средств дополненной реальности с развитыми механизмами обратной связи [Emplotics, www]. Аналогичный функционал заложен и в начатую разработку компаний ООО «Ансгар» – Odinn.

Можно выделить следующие базовые преимущества технологии RPA.

- RPA внедряются в рамках уже работающей информационной системы (ИС) предприятия. Для развертывания технологии нет необходимости менять существующую ИС, что очень важно для предприятий, использующих сложные отлаженные системы, изменение базовых настроек которых может вызвать значительные риски.
- Для развертывания RPA-систем не требуется значительного времени, так как кардинальных изменений в информационную инфраструктуру предприятия не вносится. Если возникает необходимость вернуться к работе по прежней, традиционной схеме, систему можно просто отключить.
- Внедрение RPA осуществляется от процесса к процессу. Эффекты можно наблюдать уже после внедрения первого процесса.

Таким образом, RPA является весьма перспективной технологией, которая позволяет кардинально изменить подход к выполнению рутинных производственных операций.

Каждое производственное предприятие, независимо от его размеров, должно быть гибким и уметь оперативно адаптироваться к изменениям внешней среды. Для этого на предприятии должна быть налажена система управления запасами. В последние десятилетия в мире получила широкое распространение методика оценки, контроля и корректировки запасов «точно вовремя» (*just in time, JIT*). Сущность данной методики сводится к обеспечению производства необходимого объема продукции без брака, в требуемые сроки и с нулевыми запасами на всех стадиях производства.

На практике методика JIT была наиболее успешно реализована корпорацией «Тойота» в виде так называемой системы «канбан». Основная цель данной системы – максимально сократить те виды деятельности, которые не приносят прибыли. В частности, объем партии должен быть минимизирован, а поставки материалов и комплектующих должны осуществляться точно в срок при стабильно высоком качестве продукции.

На рынке представлен разнообразный инструментарий автоматизации управления запасами на принципах JIT. Так, на начальной стадии использования методики «точно вовремя» в компании «Тойота» применялись канбан-карты и канбан-доски. Канбан-карта – это основной элемент методики. Она закрепляется за продуктом или задачей, в зависимости от специфики производственного процесса, и отражает всю текущую информацию об объекте, к которому

привязана. С помощью досок карты распределяются по заданным параметрам. Благодаря такому подходу, менеджеры получают объективную картину течения производственных операций. Автоматизированные системы JIT, как правило, интегрируются в общие системы управления ресурсами предприятий (*enterprise resource planning, ERP*), благодаря чему руководство в любой момент может получить информацию о состоянии производственной цепочки.

При использовании автоматизированных систем типа «канбан» заготовки и детали маркируются с помощью штрихкодов, которые считываются рабочими на различных стадиях производственного процесса. Информация о движении объектов используется для определения оптимального объема запасов.

Итак, цифровизация производственных процессов – это не просто внедрение информационных технологий. Цифровая трансформация подразумевает изменение бизнес-модели и подходов к организации и контролю всех основных процессов и производственных операций на предприятии. В ходе цифровизации вносятся изменения в систему управления знаниями, в организационную культуру, а также в операционные модели производства.

Операционная эффективность промышленных предприятий и возможности микросервисных технологий

В последние годы многие российские промышленные предприятия прилагают значительные усилия для выявления дополнительных резервов развития бизнеса и повышения прибыльности. Такие резервы можно условно разделить на внешние и внутренние. Большинство управленцев уделяют основное внимание внешним источникам повышения эффективности. Этот путь считается наиболее простым и понятным. Как правило, он является экстенсивным и выражается в поиске новых рынков сбыта, активном использовании различных инструментов продвижения продукции, расширении продуктовой линейки, выведении на рынок инновационной продукции и т. д.

Поиск внутренних резервов – подход, эффективность которого сложно прогнозировать. Этот подход является гораздо менее популярным среди отечественных руководителей. Тем не менее кризисные явления в экономике, нестабильность спроса и насыщенность большинства товарных рынков стали причиной повышения интереса бизнес-сообщества к операционному менеджменту, с помощью которого предприятие может выявлять внутренние резервы увеличения объемов производства, повышения качества продукции и снижения затрат. Данные эффекты достигаются за счет оптимизации отдельных операций. Работа по проектированию, внедрению, корректировке и контролю производственных операций превратилась в последние годы в самостоятельный вид практической деятельности, опирающийся на развитую теоретическую и эмпирическую базу. Одним из важнейших показателей экономической эффективности производственных компаний стала операционная эффективность.

Под операционной эффективностью понимается уровень соответствия операций тем задачам, для решения которых эти операции осуществляются [Вентцель, 1988]. По сути, это эффективность использования внутренних ресурсов компании. Операционную эффективность оценивают с помощью критериев, характеризующих отношение показателей объемов производства и качества продукции (услуг) к показателям затрат.

Таким образом, к повышению операционной эффективности приводят повышение качества продукции, увеличение объемов производства, снижение издержек, а также рост

производительности труда.

Чтобы повысить операционную эффективность, предприятие должно выявить и устранить регулярные потери ресурсов (потери рабочего времени, нерациональная загрузка производственных мощностей, простаивание складских площадей, транспортные потери, потери сырья и материалов, перерасход энергетических ресурсов и т. д.). Для решения этих проблем используется обширный арсенал средств: реорганизация структуры управления, использование системы сбалансированных показателей, применение прогрессивных методик управления затратами (совокупная стоимость владения, функционально-стоимостной анализ и др.), автоматизация производственных операций и бизнес-процессов, обучение персонала и совершенствование системы его мотивации.

Изучение научных публикаций и практики российских промышленных предприятий позволило авторам выделить три основных источника повышения операционной эффективности.

- Использование передовых технологий (автоматизация, роботизация).
- Организационная трансформация.
- Повышение качества управления человеческими ресурсами.

Для каждого источника эффективности существует множество практических методик. При этом очень важно использовать последовательный подход и одновременно работать по всем перечисленным источникам. В противном случае предприятие, скорее всего, получит лишь локальные и краткосрочные эффекты. Предприятиям следует формировать единую интегрированную систему повышения операционной эффективности, которая должна охватывать все производственные и обслуживающие подразделения. Такой подход позволит объединить усилия различных структурных единиц и значительно усовершенствовать механизмы управления операциями на предприятии.

Практика показывает, что в настоящее время лишь на немногих отечественных производственных предприятиях внедрены современные автоматизированные системы управления. Даже в случае наличия на предприятиях таких систем часто они функционируют неэффективно. Таким образом, в российской практике существуют значительные проблемы с использованием первого источника операционной эффективности.

Получило распространение множество технологий, позволяющих автоматизировать различные операции производственного предприятия (ERP, MRP, RPA, APS, MES и т. д.). В рамках настоящего исследования мы рассмотрим перспективную технологию, которая появилась на российском рынке относительно недавно, – микросервисную технологию управления операциями (МТУО).

Микросервисная архитектура – разновидность сервис-ориентированной архитектуры программного обеспечения (ПО), основанная на взаимодействии небольших и легко корректируемых модулей – микросервисов, которые слабо связаны между собой. Эта технология приобрела популярность в середине 2010-х гг. в связи с развитием практик гибкой разработки ПО, а также облачных параллельных вычислений и увеличением сложности ПО [Microservices, www].

Из перспективных и развиваемых на российском рынке МТУО-систем, наиболее функциональной и гибкой с точки зрения заложенных базовых алгоритмов, по мнению авторов, является микросервисная система автоматизации помощи и контроля над деятельностью рабочего персонала Óðinn (разработчик – компания «Ансгар»). Разработчики системы ставят перед собой более сложную и амбициозную цель, чем просто контроль и помощь

производственному персоналу, они стремятся подойти к решению проблематики динамического планирования и объективизации нормирования труда. В то же время Óðinn предлагает функционал, являющийся типовым для подобного рода систем. Поэтому данный пример представляется авторам вполне репрезентативным. На нем можно проанализировать преимущества, которые МТУО-системы предоставляют производственным предприятиям.

Основное назначение таких систем – автоматизация управления операционными процессами в промышленности. Система позволяет решать следующие задачи:

- выдача заданий рабочим;
- контроль выполнения заданий с помощью инструментального и визуального подтверждения;
- помощь в виде технологических карт и удаленного помощника, которые доступны рабочим через мобильные терминалы или промышленные очки;
- обеспечение технологии дополненной реальности;
- привязка локации объекта к локации рабочего для контроля выполнения операций через позиционирование [Eye-Tech, [www](http://www.eyetech.com)].

Такая система, как Óðinn, в своем перспективном функционале позволяет оперативно и гибко описывать и моделировать бизнес-процессы. Система контролирует исполнение работ и интеллектуально назначает исполнителей на всех этапах технологических операций. IT-платформа гибко интегрируется с различными системами автоматизации предприятий.

В системе Óðinn реализуется идущей разработкой следующий функционал по отношению к бизнес-процессам:

- гибкое моделирование бизнес-процессов;
- оптимизация бизнес-процессов и их стоимости;
- масштабируемость решения под различные нагрузки и количество персонала;
- сбор и анализ статистических данных для выявления узких мест и повышения эффективности выполнения операционных процессов;
- обеспечение стабильности производственных процессов и надежности их исполнения.

Инфраструктура и инструменты:

- интеграция с различными измерительными средствами и датчиками;
- позиционирование внутри помещений;
- дополненная реальность;
- компьютерное зрение;
- возможность передачи информации в условиях ограниченной сетевой инфраструктуры;
- голосовое управление системой.

Вместе с такими МТУО системами разработчики предлагают использовать линейку «умных» устройств: биометрический доступ, умные каски, умные часы, мобильные телефоны или бипер-трекеры, промышленные планшеты, BODY-камеры. «Умные» устройства позволяют раскрыть функционал таких систем, обеспечивают контроль соблюдения технологий производства, сопровождают все основные технологические операции (производство продукции, строительство, ремонт и обслуживание оборудования, ведение складского хозяйства и др.).

На примере проведенных имитационных тестов разрабатываемой системы Óðinn выделим основные эффекты от внедрения МТУО-систем с «умными» устройствами.

Производительность:

- рост производительности труда (до 30%);
- повышение качества планирования трудовых ресурсов;
- упрощение и повышение эффективности учета рабочего времени сотрудников;
- ускорение обучения новых сотрудников за счет использования «умного» шлема во время инструктажа.

Экономия ресурсов:

- рост эффективности выполнения любой отдельно взятой производственной операции на 20%;
- снижение времени простоя оборудования в два раза благодаря удаленному помощнику.

Повышение качества:

- стабильное качество работ и выпускаемой продукции.

Повышение безопасности:

- снижение времени обработки данных телеметрии рабочих на 20%;
- мониторинг позиционирования, состояния оборудования и данных о физическом состоянии работника.

Такие системы позволяют также собирать статистику по каждому технологическому процессу, нормировать рабочий процесс и его элемент, и это может быть основой для более существенного и глубокого применения таких систем (динамическое планирование и адаптация оперативного производства к заранее не запланированным, трудно прогнозируемым событиям).

Таким образом, МТУО-системы предлагают широкий спектр инструментов для повышения операционной эффективности производственных предприятий и позволяют комплексно подходить к решению задач в данной сфере.

При внедрении систем автоматизации производственных операций предприятия часто сталкиваются с необходимостью проведения организационной трансформации (внесение изменений в структуру управления, в бизнес-процессы и т. д.). Такая трансформация является естественным спутником автоматизации. Тем не менее многие руководители не уделяют этому вопросу должного внимания, и трансформация либо осуществляется хаотично, либо совсем не осуществляется, в результате чего ощутимого повышения операционной эффективности достичь не удается.

Руководителям предприятий можно рекомендовать осуществлять регулярный мониторинг производственных отношений на предприятии на предмет возможных внутренних противоречий. Так, внедрение системы автоматизации операционного управления может привести к необходимости трансформации организационной структуры, перестановки кадров, упразднения каких-либо операций и т. д.

Для повышения операционной эффективности производственного предприятия в рамках третьего источника (повышение качества управления человеческими ресурсами) необходимо проводить сбалансированную кадровую политику. В контексте настоящего исследования перечислим возможности повышения эффективности системы управления персоналом на предприятии, которые предоставляют МТУО-системы:

- интуитивный конструктор проектов и задач для персонала;
- автоматизация и интеллектуальное распределение работ по исполнителям;
- контроль производственных операций, регламентов и нормативов;
- автоматическая приемка результатов работ и подтверждение выполнения задач;
- составление рейтингов производственных рабочих;

- дистанционная экспертиза в реальном времени;
- составление карт персонализированных компетенций рабочих для выстраивания соответствующим образом системы мотивации.

Следует отметить, что повышение операционной эффективности предприятия необязательно дает ему относительные преимущества перед конкурентами. Это связано с динамикой распространения лучших практик. Наиболее передовые информационные и управленческие технологии быстро становятся достоянием бизнес-сообщества, и компании начинают внедрять их повсеместно [Шмелева, 2008]. Чем более универсальным является организационное или техническое решение, тем быстрее оно распространяется в мировом масштабе. Конкурентная борьба в сфере эффективности бизнес-процессов и производственных операций заставляет компании активно внедрять инновации и искать нестандартные решения, позволяющие получать наилучшие результаты в отрасли.

Заключение

Проведенное исследование показало, что внедрение автоматизированных систем в целях повышения операционной эффективности способно сыграть значительную роль в деятельности современных промышленных предприятий. Необходимо использовать системный подход к внедрению, что подразумевает не только развертывание ИТ-системы, но и трансформацию организационной структуры, внесение изменений в бизнес-процессы и операции, но и принятие мер по оптимизации системы управления персоналом. Использование системного подхода дает возможность вывести промышленное предприятие на необходимый уровень продуктивности и сформировать устойчивые конкурентные преимущества. Основная задача повышения операционной эффективности – рационализировать использование различных видов ресурсов: материальных, финансовых, человеческих, информационных.

Современные информационные технологии, в частности микросервисные технологии управления операциями, предоставляют промышленным предприятиям широкий арсенал инструментов для анализа выполнения производственных операций и их корректировки в реальном времени. Проведенный анализ функционала и особенностей микросервисных систем показал, что они позволяют компаниям повышать производительность, экономить ресурсы, повышать качество, обеспечивать необходимый уровень производственной безопасности.

Авторы ожидают, что в ближайшее время отечественные промышленные предприятия начнут активно инвестировать в автоматизированные системы контроля производственных операций. В условиях экономического кризиса, насыщения большинства товарных рынков и ужесточения конкурентной борьбы это направление развитие бизнеса поможет российским компаниям повысить эффективность использования персонала, снизить производственные издержки и повысить прибыльность в долгосрочном периоде.

Библиография

1. Вентцель Е.С. Исследование операций. М., 1988. 208 с.
2. Галимова М.П. Готовность российских предприятий к цифровой трансформации: организационные драйверы и барьеры // Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика. 2019. № 1. С. 27-37.
3. Цифровые технологии. URL: <https://www.mckinsey.com/ru/our-work/mckinsey-digital>
4. Шмелева А.Н. Контроллинг затрат на повышение операционной эффективности управления предприятиями при внедрении системы менеджмента качества в соответствии со стандартами серии ИСО // Креативная экономика. 2008. № 12. С. 28-38.

5. Bouwman H., de Reuver M., Nikou S. The impact of digitalization on business models: how IT artefacts, social media, and Big Data force firms to innovate their business model // Proceedings of the 14th International Telecommunications Society (ITS) Asia-Pacific Regional Conference “Mapping ICT into transformation for the next information society”. Calgary, 2017. URL: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/168475/1/Bouwman-Reuver-Nikou.pdf>
6. Bughin J., van Zeebroeck N. The best response to digital disruption // MIT Sloan management review. 2017. URL: <https://sloanreview.mit.edu/article/the-right-response-to-digital-disruption/>
7. Digital transformation: history, present, and future trends. URL: <https://auriga.com/blog/2016/digital-transformation-history-present-and-future-trends/>
8. Dobbs R. et al. Playing to win: the new global competition for corporate profits. Washington: McKinsey Global Institute, 2015. 120 p.
9. Emplotics. URL: <https://www.emplotics.com>
10. Eye-Tech. URL: <https://eye-tech.ru/>
11. Fuentelsaz L., Gómez J., Palomas S. The effects of new technologies on productivity: an intrafirm diffusion-based assessment // Research policy. 2009. Vol. 38. No. 2. P. 1172-1180.
12. Henriette E., Feki M., Boughzala I. The shape of digital transformation: a systematic literature review // Proceedings of the 9th Mediterranean Conference on Information Systems. Atlanta, 2015. URL: <https://aisel.aisnet.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1027&context=mcis2015>
13. Hersent O., Boswarthick D., Elloumi O. The Internet of things: key applications and protocols. Wiley, 2012. 370 p.
14. Lieberman M.B., Montgomery D.B. First-mover advantages // Strategic management journal. 1988. Vol. 9. No. S1. P. 41-58.
15. Manyika J. et al. The Internet of things: mapping the value beyond the hype. Washington: McKinsey Global Institute, 2015. 144 p.
16. McAfee A., Brynjolfsson E. Investing in the IT that makes a competitive difference // Harvard business review. 2008. URL: <https://hbr.org/2008/07/investing-in-the-it-that-makes-a-competitive-difference>
17. Microservices. URL: <https://martinfowler.com/articles/microservices.html>
18. Navab N. Developing killer apps for industrial augmented reality // IEEE computer graphics and applications. 2004. Vol. 24. No. 3. P. 16-20.

The digitalization of production processes within the framework of the Industry 4.0 concept

Dmitrii V. Lyutyagin

PhD in Economics,
Associate Professor at the Department of production and financial management,
Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting,
117997, 23 Miklukho-Maklaya str., Moscow, Russian Federation;
e-mail: l-d-v@list.ru

Vyacheslav A. Zyukov

Technical Director,
LLC “Ansgar”,
117216, 11/1 Dmitriya Donskogo blvd, Moscow, Russian Federation;
e-mail: me@viacheslav.net

Abstract

The article is devoted to the problems of digital transformation of industrial enterprises, which are analyzed in the light of operational efficiency, as well as the integration of various digital solutions in a single information field of an enterprise. The authors of the article consider the essence

of digitalization of production processes, highlight the advantages that digitalization gives to business, identify and structure the prerequisites in the field of production management and operational activities, which push enterprises to search for new, digital tools for managing production personnel, efficiently distributing work tasks and exercising end-to-end control over the operations of manufacturing products and providing services. The article analyzes the basic concepts and tools associated with the Industry 4.0 concept, provides a brief overview of the just-in-time and kanban techniques and examines the basic issues of operational efficiency of enterprises and ways to improve and maintain efficiency. It deals with the challenges of improving operational efficiency, the possibilities of using microservice technologies with a view to improving the efficiency of industrial operations. The authors give practical recommendations based on the introduction of microservice technologies in the management and control of operational workers at each technological stage, which are available to domestic companies that are characterized by the discrete manufacturing method.

For citation

Lyutyagin D.V., Zyukov V.A. (2021) Tsifrovizatsiya proizvodstvennykh protsessov v ramkakh kontseptsii "Industriya 4.0" [The digitalization of production processes within the framework of the Industry 4.0 concept]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 11 (9A), pp. 235-247. DOI: 10.34670/AR.2021.36.86.029

Keywords

Digitalization, digital transformation, Industry 4.0, industrial enterprises, operational efficiency, microservice technologies, labor productivity.

References

1. Bouwman H., de Reuver M., Nikou S. (2017) The impact of digitalization on business models: how IT artefacts, social media, and Big Data force firms to innovate their business model. *Proceedings of the 14th International Telecommunications Society (ITS) Asia-Pacific Regional Conference "Mapping ICT into transformation for the next information society"*. Calgary. Available at: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/168475/1/Bouwman-Reuver-Nikou.pdf> [Accessed 06/09/21].
2. Bughin J., van Zeebroeck N. (2017) The best response to digital disruption. *MIT Sloan management review*. Available at: <https://sloanreview.mit.edu/article/the-right-response-to-digital-disruption/> [Accessed 06/09/21].
3. *Digital transformation: history, present, and future trends*. Available at: <https://auriga.com/blog/2016/digital-transformation-history-present-and-future-trends/> [Accessed 06/09/21].
4. Dobbs R. et al. (2015) *Playing to win: the new global competition for corporate profits*. Washington: McKinsey Global Institute.
5. *Emplotics*. Available at: <https://www.emplotics.com> [Accessed 06/09/21].
6. *Eye-Tech*. Available at: <https://eye-tech.ru/> [Accessed 06/09/21].
7. Fuentelsaz L., Gómez J., Palomas S. (2009) The effects of new technologies on productivity: an intrafirm diffusion-based assessment. *Research policy*, 38 (2), pp. 1172-1180.
8. Galimova M.P. (2019) Gotovnost' Rossiiskikh predpriyatii k tsifrovoy transformatsii: organizatsionnye draivery i bar'ery [The readiness of Russian enterprises for digital transformation: organizational drivers and barriers]. *Vestnik UGNTU. Nauka, obrazovanie, ekonomika. Seriya: Ekonomika* [Bulletin of Ufa State Petroleum Technological University. Science, education, economics. Series: Economics], 1, pp. 27-37.
9. Henriette E., Feki M., Boughzala I. (2015) The shape of digital transformation: a systematic literature review. *Proceedings of the 9th Mediterranean Conference on Information Systems*. Atlanta. Available at: <https://aisel.aisnet.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1027&context=mcis2015> [Accessed 06/09/21].
10. Hersent O., Boswarthick D., Elloumi O. (2012) *The Internet of things: key applications and protocols*. Willey.
11. Lieberman M.B., Montgomery D.B. (1988) First-mover advantages. *Strategic management journal*, 9 (S1), pp. 41-58.
12. Manyika J. et al. (2015) *The Internet of things: mapping the value beyond the hype*. Washington: McKinsey Global Institute.

13. McAfee A., Brynjolfsson E. (2008) Investing in the IT that makes a competitive difference. *Harvard business review*. Available at: <https://hbr.org/2008/07/investing-in-the-it-that-makes-a-competitive-difference> [Accessed 06/09/21].
14. *Microservices*. Available at: <https://martinfowler.com/articles/microservices.html> [Accessed 06/09/21].
15. Navab N. (2004) Developing killer apps for industrial augmented reality. *IEEE computer graphics and applications*, 24 (3), pp. 16-20.
16. Shmeleva A.N. (2008) Kontrolling zatrat na povyshenie operatsionnoi effektivnosti upravleniya predpriyatiyami pri vnedrenii sistemy menedzhmenta kachestva v sootvetstvii so standartami serii ISO [Controlling the costs of improving the operational efficiency of enterprise management when implementing a quality management system in accordance with ISO standards]. *Kreativnaya ekonomika* [Creative economy], 12, pp. 28-38.
17. *Tsifrovye tekhnologii* [Digital technology]. Available at: <https://www.mckinsey.com/ru/our-work/mckinsey-digital> [Accessed 06/09/21].
18. Venttsel' E.S. (1988) *Issledovanie operatsii* [Research on operations]. Moscow.