

pISSN 2073-1477
eISSN 2311-8733

Социально-экономическая политика

ЭФФЕКТЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ МАЛЫХ И СРЕДНИХ ПРЕДПРИЯТИЙ В УСЛОВИЯХ ИНДУСТРИИ 4.0*

Елена Сергеевна МЕЗЕНЦЕВА

кандидат экономических наук,
старший научный сотрудник Центра структурной политики региона,
Институт экономики Уральского отделения РАН,
Екатеринбург, Российская Федерация
mezentseva.es@uiec.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6213-6136>
SPIN-код: 4490-4209

История статьи:

Рег. № 384/2021
Получена 01.07.2021
Получена в
доработанном виде
17.09.2021
Одобрена 09.10.2021
Доступна онлайн
15.11.2021

УДК 332.1

JEL: L26, O14, O25,
O38

Ключевые слова:

малые и средние
предприятия,
промышленность,
цифровизация,
Индустрия 4.0

Аннотация

Предмет. Кардинальная перестройка процессов в промышленном производстве в условиях Индустрии 4.0.

Цели. Выявление актуальных направлений цифровизации и специфики внедрения достижений Индустрии 4.0 на малых и средних промышленных предприятиях.

Методология. Применены методы теоретического обобщения, системного, логического, структурного, сравнительного анализа, статистические методы.

Результаты. Выделены преимущества и ограничения, связанные с внедрением технологий Индустрии 4.0 на малых и средних промышленных предприятиях. На основе анализа индексов оценена готовность малых и средних предприятий России к цифровизации. Выявлены сдерживающие факторы, перспективы выхода на новые рынки.

Выводы. Необходимы специальные исследования различных аспектов внедрения технологий Индустрии 4.0 на малых и средних предприятиях.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2021

Для цитирования: Мезенцева Е.С. Эффекты цифровизации промышленных малых и средних предприятий в условиях Индустрии 4.0 // Региональная экономика: теория и практика. – 2021. – Т. 19, № 11. – С. 2086 – 2106.
<https://doi.org/10.24891/re.19.11.2086>

Введение

Цифровизация промышленности является основным атрибутом Индустрии 4.0. Термин «Индустрия 4.0» описывает продолжающуюся революцию в обрабатывающей промышленности во всем мире. Крупные компании

*Статья подготовлена в соответствии с Планом НИР ФГБУН Институт экономики УрО РАН на 2021 г.

быстро приняли вызов Индустрии 4.0 и в настоящее время интенсивно работают над внедрением соответствующих технологий.

Малые и средние предприятия (МСП) в этом отношении сталкиваются с определенными препятствиями, поскольку зачастую не обладают ни человеческими, ни финансовыми ресурсами для систематического изучения потенциала и рисков внедрения Индустрии 4.0. В то же время в большинстве стран МСП составляют основу экономики, на них приходится большая доля валового внутреннего продукта и занятости. Российская Федерация ставит перед собой задачу повысить долю малого бизнеса в экономике до уровня развитых стран. Следует изучать возможности и вызовы Индустрии 4.0 отдельно с учетом специфики МСП, что создаст основу для цифровой трансформации традиционных МСП в «умные фабрики» (smart factories) [1].

Целью данного исследования является выявление актуальных направлений цифровизации и особенностей внедрения достижений Индустрии 4.0 на малых и средних предприятиях промышленности.

Материалы и методы

Следует отметить, что внедрению принципов Индустрии 4.0 и цифровизации МСП в промышленности посвящено довольно ограниченное количество научных работ; нами был проведен библиографический анализ баз данных WoS, Scopus; Elibrary по темам малых и средних предприятий и Индустрии 4.0, цифровизации в малом производственном бизнесе. Среди зарубежных публикаций – несколько статей в журналах, несколько глав монографий. Большая часть публикаций – это статьи в материалах конференций, имеющие в основном эмпирический характер. Можно отметить, что тема «Индустрия 4.0 на МСП» приобретает все большее значение для ученых, занимающихся инженерными и производственными исследованиями.

Среди публикаций на русском языке практически нет научных работ по теме промышленного малого бизнеса в условиях Индустрии 4.0. Статистические данные об уровне цифровизации производственных МСП в России отсутствуют. Статистические исследования уровня цифровизации в России касаются только крупного и среднего бизнеса. Готовность МСП к цифровизации, сдерживающие факторы, внедряемые цифровые технологии нами были выявлены на основе анализа рейтингов непосредственно цифровизации и рейтингов, оценивающих деловую активность МСП.

Особенности Индустрии 4.0 на промышленных предприятиях

В последние годы промышленная среда радикально изменилась из-за внедрения концепций и технологий Индустрии 4.0 (I4.0), также известной как Четвертая промышленная революция, или Умное производство. Концепция I4.0 основана на интеграции информационных и коммуникационных технологий (ИКТ) и передовых промышленных технологий в киберфизические системы, направленные на создание цифрового, интеллектуального и устойчивого предприятия [2]. Основное значение I4.0 заключается в соединении продуктов, машин и людей с внешней средой и объединении производства, информационных технологий и Интернета¹.

Кроме того, в настоящее время серьезно возрастает конкуренция в мировой промышленности. Уже недостаточно производить быстрее, дешевле и качественнее, чем у конкурентов. Предприятиям отрасли необходимо внедрять новые типы инновационных и цифровых производственных стратегий для сохранения текущего конкурентного преимущества в долгосрочной перспективе. Изменения, связанные с Четвертой промышленной революцией, должны распространяться на всю цепочку производства и поставки компонентов, а не только, как это было ранее, на процесс механического производства продуктов и организацию связанных процессов.

Развитие Индустрии 4.0 должно привести к тому, что на протяжении всего жизненного цикла производства будет улучшаться обмен данными, что приведет к выигрышу всех вовлеченных сторон. Следовательно, чтобы оставаться конкурентоспособными, предприятия должны быстро и гибко реагировать на требования клиентов и производить большее количество версий продуктов при малых размерах партий².

Индустрия 4.0 направлена, с одной стороны, на внедрение высокоэффективных и автоматизированных производственных процессов, характерных для массового производства, а с другой – на формирование промышленной среды, где индивидуальные и приспособленные под клиента продукты производятся в соответствии со стратегиями массовой

¹ Securing the Future of German Manufacturing Industry. Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0. Final Report of the Industrie 4.0 Working Group.
URL: <https://www.din.de/blob/76902/e8cac883f42bf28536e7e8165993f1fd/recommendations-for-implementing-industry-4-0-data.pdf>

² Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0.
URL: https://www.produktionsarbeit.de/content/dam/produktionsarbeit/de/documents/Fraunhofer-IAO-Studie_Produktionsarbeit_der_Zukunft-Industrie_4_0.pdf

кастомизации [3]. Массовая кастомизация означает производство продуктов по индивидуальному заказу клиента при производственных затратах, аналогичных затратам на серийное производство. Производство, основанное на принципах Индустрии 4.0, создает условия для замены традиционных структур, в основе которых лежат централизованные механизмы принятия решений и жесткие ограничения отдельных этапов создания добавленной стоимости, на гибкие реконфигурируемые системы производства и логистики, предлагающие интерактивные и совместные механизмы принятия решений.

В среде, для которой характерны массовая кастомизация и проектирование для обеспечения наилучших характеристик (DFX – Design for Excellence), клиенту необходимо предоставить больше функций и возможностей кастомизации, а также следует обеспечить большую гибкость, прозрачность и глобализацию цепочек поставок. С другой стороны, это также ставит в более сложную ситуацию производственные компании. Быстро реагировать на ожидания и требования клиентов непросто, это требует гибких и легко адаптируемых производственных систем [4].

Преимущества Индустрии 4.0 для малых и средних предприятий

В последние годы в европейских странах все больше исследователей обращаются к теме влияния Индустрии 4.0 на МСП. Так, Д.Т. Мэтт и соавторы [5] предпринимают самую раннюю попытку обосновать методический подход к тому, как МСП могут внедрить концепцию Индустрии 4.0. Они говорят о возможности для МСП с помощью концепций Индустрии 4.0 преодолеть противоречие между необходимостью автоматизации производства и уменьшением размеров партий продукции. В свою очередь, Е. Раух, П. Далласега и др. начали исследование того, как концепции и технологии Индустрии 4.0 могут быть надлежащим образом применены к малым и средним предприятиям³; Л. Сафар и соавторы [6], а также Д. Мюллер [7] описывают конкретные рамки для внедрения новых, инновационных, а также цифровых бизнес-моделей в МСП; К. Бар и соавторы [8] говорят о существующем пробеле в исследованиях стратегий реализации концепций Индустрии 4.0 МСП и предлагают свое решение в аспекте, связанном с цепочками поставок.

³Rauch E., Stecher T., Unterhofer M. et al. Suitability of Industry 4.0 Concepts for Small and Medium-Sized Enterprises: Comparison between an Expert Survey and a User Survey. In: Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, 2019, pp. 1174–1185. URL: file:///tmp/mozilla_user030/Rauchetal.2019_SuitabilityofIndustry4.0concepts.pdf

Как показал предыдущий финансово-экономический кризис, благодаря своей гибкости, предпринимательскому духу и инновационным возможностям МСП оказались более устойчивыми, чем крупные и многонациональные предприятия [5]. В большинстве случаев МСП адаптивны и инновационны не только в отношении своей продукции, но и в отношении своей производственной практики. В условиях постоянного конкурентного давления небольшие организации становятся все более активными в улучшении своих бизнес-операций, что является хорошей отправной точкой для внедрения новых концепций, таких как Индустрия 4.0. Технологии Индустрии 4.0 открывают перед сектором МСП большие возможности для повышения его конкурентоспособности. Таким образом, успешное внедрение концепции Индустрии 4.0 возможно не только на крупных, но и на малых и средних предприятиях [9].

Малые и средние предприятия, вероятно, должны выиграть от происходящего технологического сдвига; зачастую они могут осуществить цифровую трансформацию быстрее, чем крупные предприятия, потому что им проще разрабатывать и внедрять новые ИТ-структуры «с нуля»⁴. Многие МСП уже делают акцент на цифровых продуктах, чтобы занять свою нишу на рынке⁵. Интеграция информационных и коммуникационных технологий (ИКТ) и современных технологий Индустрии 4.0 позволит превратить действующие МСП в умные фабрики со значительным экономическим потенциалом⁶ [10].

Достижения I4.0 особенно интересны для малых компаний, так как они подразумевают возможность интеллектуальной автоматизации для партии размером в один товар. Благодаря сетевым технологиям производства станет возможным индивидуальное производство с низкими затратами.

Ограничения по внедрению принципов Индустрии 4.0 на малых и средних промышленных предприятиях

Индустрия 4.0 представляет собой особую проблему для бизнеса в целом и для малого и среднего бизнеса в частности. Готовность МСП

⁴ Deloitte. Industry 4.0 – Challenges and Solutions for the Digital Transformation and Use of Exponential Technologies.
URL: <http://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/ch-en-manufacturing-industry-4-0-24102014.pdf>

⁵ Industry 4.0 – Opportunities and Challenges of the Industrial Internet.
URL: <https://www.strategyand.pwc.com/gx/en/insights/2015/industrial-internet.html>

⁶ Gualtieri L., Rojas R., Carabin G. et al. Advanced Automation for SMEs in the I4.0 Revolution: Engineering Education and Employees Training in the Smart Mini Factory Laboratory. In: 2018 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), 2018, pp. 1111–1115. URL: <https://doi.org/10.1109/IEEM.2018.8607719>

адаптироваться к Индустрии 4.0 за счет новых концепций, а также организационные возможности МСП для решения этой задачи весьма ограничены. Чем меньше предприятие, тем выше риск того, что оно не сможет извлечь выгоду из новой промышленной революции. Это открывает потребность в дальнейших исследованиях и планах действий для подготовки МСП в техническом и организационном направлении [9]. Внедрение Индустрии 4.0 часто сопряжено с трудностями, что порождает среди специалистов мнение, что большинство производственных компаний МСП в настоящее время еще не готовы к реализации концепций Индустрии 4.0 [11].

Зарубежные исследователи говорят о том, что в большинстве случаев цифровая революция создает для МСП значительные проблемы, и не может быть реализована так, как это теоретически указано в литературе⁷. На практике этот сдвиг требует не только больших финансовых ресурсов, что является серьезной проблемой для МСП, но и создает трудности со стратегической точки зрения. Группа исследователей определила набор барьеров и препятствий, с которыми сталкиваются МСП при внедрении Индустрии 4.0, и классифицировала их по шести категориям: финансово-экономические, культурные, компетенции/ресурсы, технические, юридические и процесс внедрения⁸.

Производственные компании, и особенно МСП, используют потенциал I4.0 для повышения производительности в цехах [12]. Во многих случаях неизвестно, как ответить на вызовы I4.0 или как начать внедрять принципы концепции I4.0 [13]. Внедрение новых технологий и практик для МСП всегда сопряжено с риском [14] и представляет для них серьезную проблему. Исследование производственных МСП, проведенное в 2017 г. в Западной Вирджинии (США), подтвердило, что МСП сталкиваются с проблемами при внедрении «умного производства» [15].

Обзор литературы показывает, что лишь несколько исследований отдельно посвящены поддержке эволюционного пути и смены парадигмы МСП в сторону «умного производства» или Индустрии 4.0. МСП часто сталкиваются со сложностями в таких инновационных процессах из-за

⁷ Rauch E., Stecher T., Unterhofer M. et al. Suitability of Industry 4.0 Concepts for Small and Medium Sized Enterprises: Comparison between an Expert Survey and a User Survey. In: Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, 2019, pp. 1174–1185. URL: file:///tmp/mozilla_user030/Rauchetal.2019_SuitabilityofIndustry4.0concepts.pdf

⁸ Orzes G., Rauch E., Bednar S. et al. Industry 4.0 Implementation Barriers in Small and Medium Sized Enterprises: A Focus Group Study. 2018 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), 2018, pp. 1348–1352. URL: <https://doi.org/10.1109/IEEM.2018.8607477>

постоянного развития инноваций и технологий, поэтому необходимы дальнейшие исследования, чтобы разработать конкретные инструменты и модели для МСП, внедряющих I4.0 в своих компаниях и производственных цехах. Кроме того, лица, определяющие политику, должны формировать стратегии, чтобы поддержать МСП в инвестировании в эти технологии и повысить их конкурентоспособность на рынке.

Необходимые условия для внедрения принципов Индустрии 4.0 на малых и средних промышленных предприятиях

Необходимы специальные исследования для внедрения технологий и концепций Индустрии 4.0 на МСП. МСП смогут перейти к I4.0 только в том случае, если будут следовать разработанным для них стратегиям и подходам и реализовывать адаптированные для них концепции и технологические решения. Следует также проводить исследования, включающие анализ и оценку конкретных потребностей МСП, чтобы определить руководящие принципы для проектирования гибко адаптируемых и интеллектуальных производственных систем для МСП в динамической среде в условиях I4.0.

Интеграция информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) и киберфизических систем с производством, логистикой и услугами в текущую производственную практику превратит МСП в более умные и адаптируемые предприятия со значительным экономическим потенциалом. Исследования показали ограниченное, но положительное влияние Индустрии 4.0 на операционные показатели МСП с небольшими инвестициями и небольшим опытом, когда это касается облачных вычислений [16].

Лишь несколько работ посвящены конкретным требованиям МСП по внедрению таких интеллектуальных производственных систем, и в большинстве из них не приводится их полный список. Например, E. Paugh и соавторы [17] провели исследование, касающееся требований к проектированию гибких и динамичных производственных систем для МСП. В этой работе не рассматривается внедрение концепций I4.0, но подчеркивается необходимость исследования решений I4.0 для МСП.

Работа С. Миттала и др. [15] – одна из немногих, в которых приводится список требований МСП в отношении проектирования систем интеллектуального производства путем внедрения I4.0. Согласно этому исследованию, необходимы следующие условия для внедрения концепции I4.0 на МСП:

- потребность в финансовых ресурсах;
- потребность в передовых производственных технологиях;
- потребность в промышленных стандартах;
- необходимость включить принципы I4.0 в организационную культуру;
- необходимость развития и включения сотрудников в изменения, связанные с I4.0;
- необходимость альянсов с университетами и исследовательскими институтами;
- необходимость сотрудничества с клиентами и поставщиками.

Эти результаты составляют основу для дальнейших исследований, но сформулированы они в общих чертах и не учитывают конкретных требований к разработке производственной системы для МСП. Большинство из представленных требований типичны для любых компаний, внедряющих I4.0. Таким образом, можно сделать вывод, что существует потребность в изучении конкретных требований МСП к проектированию систем интеллектуального производства.

На основе опросов в одной из работ исследуется и обсуждается применимость концепций Индустрии 4.0 для компаний, разных по размерам⁹. Для малых предприятий были выделены концепции для подготовки организации и работников к Индустрии 4.0 (культурная трансформация, дорожная карта Индустрии 4.0, кибербезопасность), а также концепции гибкого производства (agile manufacturing) и совместной работы (collaboration network).

Цифровизация и внедрение принципов Индустрии 4.0 в малом предпринимательстве в России

Обратимся к отечественному опыту изучения вопросов цифровизации и внедрения принципов Индустрии 4.0. в малом предпринимательстве. Существует ряд исследований¹⁰ [18–21], посвященных цифровизации

⁹ Rauch E., Stecher T., Unterhofer M. et al. Suitability of Industry 4.0 Concepts for Small and Medium Sized Enterprises: Comparison between an Expert Survey and a User Survey. In: Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, 2019, pp. 1174–1185. URL: file:///tmp/mozilla_user030/Rauchetal.2019_SuitabilityofIndustry4.0concepts.pdf

¹⁰ Долгих М.А. Роль цифровизации экономики в развитии малого и среднего предпринимательства в условиях современной городской среды // Современный город: власть, управление, экономика. 2019. № 1. С. 106–112.

малого бизнеса в России и его роли в цифровой экономике. Однако практически отсутствуют исследования, в которых эти проблемы рассмотрены применительно к малым предприятиям в промышленности.

Информационные технологии оказывают влияние на механизмы инвестирования, взаимодействия между экономическими акторами, обуславливая формирование горизонтального типа их координации. Важно, что за счет более совершенной кооперации, обработки данных и других технологий становится возможным замена крупных промышленных предприятий мозаичными сетями МСП¹¹.

Доля малых и средних предприятий в ВВП России до сих пор крайне мала в сравнении с развитыми экономиками – в 2018–2019 гг. она находилась в диапазоне 20,4–20,6%¹², тогда как в ВВП развитых стран она составляет 50–60%: в Великобритании – 51%, в Германии – 53%, в Финляндии – 60%, в Нидерландах – 63%¹³. Средняя численность работников малых предприятий в 2019 г. составила 11 340,5 тыс. чел.¹⁴. Из них в обрабатывающих производствах было занято 1 657,7 тыс. чел. (14,6%), что составляет 15,7% от общей занятости в обрабатывающих производствах. Оборот малых предприятий составил 52 963,9 млрд руб., в том числе 5 086 млрд руб. – оборот обрабатывающих производств (9,6%). На малые предприятия приходится 11% оборота обрабатывающих производств.

В настоящее время проводятся исследования по оценке уровня цифровизации малого и среднего бизнеса в России. Среди них можно отметить индекс цифровизации малого и среднего бизнеса (Business Digitization Index, BDI), разработанный для оценки готовности бизнеса к цифровой экономике¹⁵. Репрезентативный всероссийский опрос представителей малого и среднего бизнеса (включая индивидуальных предпринимателей) проведен Аналитическим центром Национального агентства финансовых исследований (НАФИ)¹⁶. В сентябре 2019 г. индекс

¹¹ Индустрия 4.0: управление изменениями.

URL: <http://xn--80aplem.xn--plai/analytics/Industria-4-0-upravlenie-izmeneniami/>

¹² «Деловая Россия» предлагает вернуть в нацпроект показатель по вкладу МСП в ВВП страны.

URL: <https://tass.ru/ekonomika/11005897>

¹³ Сектор малого и среднего предпринимательства: Россия и мир.

URL: <https://stolypin.institute/novosti/sector-malogo-i-srednego-predprinimatelstva-rossiya-i-mir/>

¹⁴ Регионы России. Социально-экономические показатели. 2020: статистический сборник.

М.: Федеральная служба государственной статистики, 2020. 1242 с.

¹⁵ Расчеты данного индекса проведены специалистами Банка «Открытие» совместно с Mail.ru Group, Московской школой управления «Сколково» и Российской ассоциацией электротехнических компаний.

¹⁶ Банк «Открытие»: Индекс цифровизации малого и среднего бизнеса. URL:

<https://nafi.ru/projects/predprinimatelstvo/bank-otkrytie-indeks-tsifrovizatsii-malogo-i-srednego-biznesa/>

цифровизации малого и среднего бизнеса в среднем по стране составил 45 п.п. из 100 возможных. Это свидетельствует о том, что сегодня малые и средние предприятия России недостаточно осведомлены о преимуществах внедрения цифровых технологий и возможностях усовершенствования рабочих процессов путем цифровизации компании.

Указанный индекс интегрирует пять частных индексов. Первый индекс относится к использованию каналов передачи и хранения информации (облачные технологии, корпоративная почта, мессенджеры, системы автоматизации и т.д.). Согласно исследованиям, системы для автоматизации работы используют 43% малых и средних предприятий.

Второй индекс отражает интеграцию цифровых технологий (искусственный интеллект, интернет вещей, 3D печать, использование онлайн-документов и т.д.). Среди различных цифровых технологий для ведения бизнеса наиболее востребованными являются мобильные приложения (50%), технологии интернета вещей (26%). Документы для совместной работы (например, Google Docs) используют около 50% компаний; электронный документооборот – 73%.

Третий индекс связан с использованием Интернета в продажах. Определено, что 54% компаний имеют свои сайты; 87% представлены на онлайн-картах; страницы в социальных сетях открыли 43% предприятий; 79% используют мессенджеры для работы с клиентами.

Четвертый индекс отражает уровень информационной безопасности. Исследования показали, что политику информационной безопасности утвердили 34% компаний.

Пятый индекс связан с цифровым обучением. Так, 28% компаний организовали обучение сотрудников использованию цифровых технологий. Доля компаний, имеющих специалистов по работе с цифровыми технологиями, относительно невелика – 12%.

Основными барьерами на пути к цифровизации являются незаинтересованность руководителей компаний в переходе на цифровой формат (21%) и бюджетные ограничения в компаниях на внедрение цифровых технологий (20%). В то же время предприниматели видят преимущества в цифровизации бизнеса: на первый план выходят удобство контроля над процессами (34%) и увеличение скорости работы (33%).

Наименьший результат зафиксирован по индексу интеграции цифровых технологий (27 п.п. при общем индексе 45). Это связано с тем, что на ряд

технологий пока нет высокого спроса со стороны МСП: виртуальная реальность, интернет вещей, 3D-печать, решения на основе машинного обучения являются пока инструментами стартапов, но не МСП. По мнению специалистов, AI, ML, VR/AR сегодня слабо представлены на малых и средних предприятиях, а элементы интернета вещей уже используют более 1/3 предприятий. Если посмотреть в разрезе индустрии, то это в основном логистика, то есть трекинг транспорта и складов. В дальнейшем во всех сферах МСП будут активно осваивать и интегрировать в работу цифровые решения. Быстрее будут распространяться более «легкие» с точки зрения стоимости и времени на внедрение решения: онлайн-сервисы для командной работы (Asana, Jira, Trello), интеграция продуктов и услуг в платформенные сервисы. Число собственных мобильных приложений увеличится.

Каждый квартал ПАО «Промсвязьбанк» совместно с объединением «Опора России» публикует «Индекс RSBI», отражающий деловую активность малого и среднего бизнеса¹⁷. В 2017 г. помимо стандартных вопросов по оценке ситуации в малом бизнесе респонденты ответили на вопросы, связанные с цифровым бизнесом. На *рис. 1* представлены инструменты, которые используют МСП для цифровизации своей деятельности, в динамике за три года, где можно заметить рост доли предприятий, использующих их.

Возможность удаленного оказания услуг стала «спасательным кругом» для бизнеса в период самоизоляции и карантина. По данным Индекса за май 2020 г., 47% компаний создали сервисы удаленных продаж еще до распространения коронавируса¹⁸. В исследовании за 2021 г. (*рис. 2*) отмечен рост использования программных продуктов в деятельности МСП – прежде всего, это программы видеосвязи (рост с 39% до 53%), управления складом, учета рабочего времени¹⁹.

В 2020 г. 12% МСП начали использовать маркетплейсы или агрегаторы для реализации продукции. Общая доля МСП, использующих эти каналы сбыта, составила 28%.

По итогам пандемийного 2020 г., предприниматели приобрели навыки эффективной удаленной работы (31% опрошенных); повысили

¹⁷ Индекс RSBI (Russia Small Business Index). URL: <https://www.psbank.ru/Business/RSBI>

¹⁸ Индекс Опоры RSBI Деловой активности малого и среднего бизнеса.

Результаты за май 2020 года.

URL: https://www.psbank.ru/-/media/PSB-1_2/OnlineServices/RSBI_2020_may_presentation.pdf

¹⁹ Индекс Опоры RSBI Деловой активности малого и среднего бизнеса. Результаты за февраль 2021 года. URL: https://www.psbank.ru/-/media/PSB-1_2/OnlineServices/RSBI_2021_Fev.pdf

компьютерную грамотность работников (14%) и клиентов (8%); освоили цифровые методы взаимодействия с клиентами (13%); развивали сегмент онлайн-продаж (10%)²⁰.

Перспективы применения цифровых технологий на малых и средних предприятиях в России следующие. За счет цифровизации у малого бизнеса появился шанс с помощью платформ встроиться в глобальные технологические цепочки и выходить на новые рынки. Цифровые технологии позволяют расширить зону охвата, выходить на новые категории клиентов, модифицировать свой продукт. В результате это позволяеткратно менять модель и эффективность бизнеса. Доступность технологий в настоящее время высока и их можно конструировать. Возможно также собрать из готовых элементов готовые сервисы. Еще одним важным вопросом, связанным с вхождением МСП на новые рынки в условиях цифровизации, является внедрение стандартов. Российским технологическим компаниям и экспертам необходимо активно вовлекаться в работу по международной стандартизации на самых ранних этапах.

Известно, что конкурентные преимущества базируются на ресурсных факторах. Для малого предпринимательства, рассматриваемого в рамках цифровой экономики, определяющими в этом списке будут такие факторы, как высококвалифицированные сотрудники, доступ к своевременной информации, что подразумевает наличие цифровых платформ, необходимых для ведения бизнеса или развития цифрового направления бизнеса. Для этого необходимо реализовать государственные программы развития цифровой экономики, что предусматривает адаптацию новых технологий к потребностям бизнеса в рамках государственно-частного партнерства.

Выводы

Таким образом, мы провели теоретический анализ и выявили преимущества внедрения концепций и подходов Индустрии 4.0 на малых и средних промышленных предприятиях, выявили перспективы и ограничения в применении принципов Индустрии 4.0 для малых и средних предприятий. Это обосновывает необходимость дальнейших исследований в целях разработки специальных стратегий, методов и инструментов для эффективной цифровизации малых и средних предприятий в промышленности. Эти вопросы особенно актуальны для России, где исследования, посвященные цифровизации малого промышленного

²⁰ Индекс Опоры RSBI Деловой активности малого и среднего бизнеса. Результаты за декабрь 2020 года. URL: https://www.psbank.ru/-/media/PSB-1_2/OnlineServices/RSBI_2020_dekabr.pdf

бизнеса, практически отсутствуют. Анализ статистики и индексов деловой активности не позволяет сделать полномасштабных выводов о внедрении Индустрии 4.0 на МСП в России. Выявлено, что МСП готовы к внедрению цифровых технологий, но отсутствие необходимых финансовых и трудовых ресурсов являются ограничениями для этого. Применение цифровых технологий создает базу для формирования новых бизнес-моделей, которые позволят выходить МСП на новые глобальные рынки.

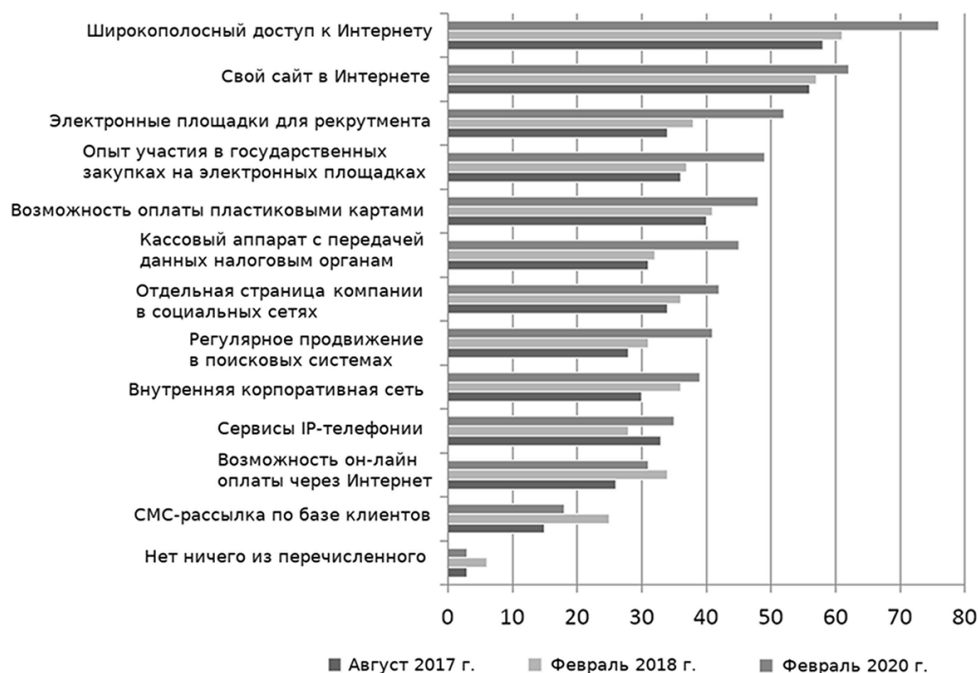
В России, с учетом важности задачи реиндустриализации экономики на новой, цифровой базе, построение сетей распределенного промышленного производства, поддержка малого и среднего предпринимательства, работающего в этом секторе экономики, может стать одним из наиболее эффективных инструментов долгосрочного стратегического развития.

Рисунок 1

Инструменты, используемые для цифровизации малых и средних предприятий (2017–2020 гг.), доля компаний, %

Figure 1

Tools used by SMEs for digitalization in 2017–2020, percentage of companies



Источник: авторская разработка на основе MAGRAM. Market Research.

URL: <https://magram.ru/>; ИСБ. URL: <https://www.psbank.ru/Informer>

Source: Authoring, based on MAGRAM. Market Research.

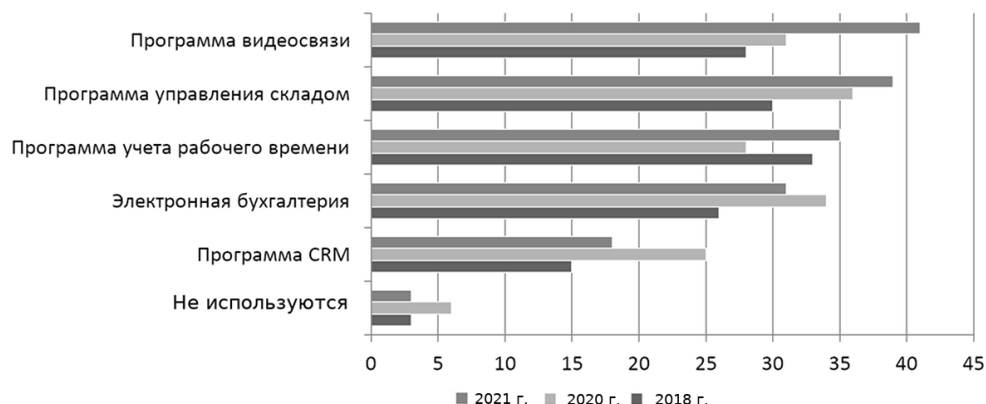
URL: <https://magram.ru/>; ИСБ. URL: <https://www.psbank.ru/Informer>

Рисунок 2

Использование программных продуктов в деятельности малых и средних предприятий (2018–2021 гг.), доля компаний, %

Figure 2

Software product use by SMEs in 2018–2021, percentage of companies



Источник: авторская разработка на основе MAGRAM. Market Research.

URL: <https://magram.ru/>; ПСБ. URL: <https://www.psbank.ru/Informer>

Source: Authoring, based on MAGRAM. Market Research.

URL: <https://magram.ru/>; ПСБ. URL: <https://www.psbank.ru/Informer>

Список литературы

1. *Matt D.T., Rauch E.* SME 4.0: The Role of Small- and Medium-Sized Enterprises in the Digital Transformation. In: Matt D.T., Modrák V., Zsifkovits H. (Eds) *Industry 4.0 for SMEs. Challenges, Opportunities and Requirements*. Cham, Palgrave Macmillan, 2020, 412 p. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-25425-4>
2. *Kang H.S., Lee J.Y., Choi S.S. et al.* Smart Manufacturing: Past Research, Present Findings, and Future Directions. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 2016, vol. 3, iss. 1, pp. 111–128. URL: <https://doi.org/10.1007/s40684-016-0015-5>
3. *Modrak V., Marton D., Bednar S.* Modeling and Determining Product Variety for Mass-customized Manufacturing. *Procedia CIRP*, 2014, vol. 23, pp. 258–263. URL: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.10.090>
4. *Zawadzki P., Żywicki K.* Smart Product Design and Production Control for Effective Mass Customization in the Industry 4.0 Concept. *Management and Production Engineering Review*, 2016, vol. 7, iss. 3, pp. 105–112. URL: <https://doi.org/10.1515/mper-2016-0030>

5. *Matt D.T., Rauch E., Fraccaroli D.* Smart Factory für den Mittelstand: Gestaltung Eines Ganzheitlichen Produktionssystems nach der Industrie 4.0 Vision in Kleinen und Mittelständischen Unternehmen (KMU). *Zeitschrift für Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 2016, vol. 111, iss. 1-2, pp. 52–55.
URL: <https://doi.org/10.3139/104.111471>
6. *Safar L., Sopko J., Bednar S., Poklemba R.* Concept of SME Business Model for Industry 4.0 Environment. *TEM Journal*, 2018, vol. 7, iss. 3, pp. 626–637.
URL: <https://doi.org/10.18421/TEM73-20>
7. *Müller J.M.* Business Model Innovation in Small- and Medium-Sized Enterprises: Strategies for Industry 4.0 Providers and Users. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 2019, vol. 30, iss. 8, pp. 1127–1142. URL: <https://doi.org/10.1108/JMTM-01-2018-0008>
8. *Bär K., Herbert-Hansen Z.N.L., Khalid W.* Considering Industry 4.0 Aspects in the Supply Chain for an SME. *Production Engineering*, 2018, vol. 12, iss. 6, pp. 747–758. URL: <https://doi.org/10.1007/s11740-018-0851-y>
9. *Sommer L.* Industrial Revolution-Industry 4.0: Are German Manufacturing SMEs the First Victims of This Revolution? *Journal of Industrial Engineering and Management*, 2015, vol. 8, iss. 5, pp. 1512–1532.
URL: <https://doi.org/10.3926/jiem.1470>
10. *Lee J., Lapira E., Yang Sh., Kao A.* Predictive Manufacturing System – Trends of Next-Generation Production Systems. *IFAC Proceedings Volumes*, 2013, vol. 46, iss. 7, pp. 150–156.
URL: <https://doi.org/10.3182/20130522-3-BR-4036.00107>
11. *Brettel M., Friederichsen N., Keller M., Rosenberg M.* How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective. *International Journal of Mechanical, Industrial and Aerospace Sciences*, 2014, vol. 8, no. 1, pp. 37–44.
URL: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1336426>
12. *Matt D.T., Rauch E., Dallasega P.* Mini-Factory – A Learning Factory Concept for Students and Small- and Medium Sized Enterprises. *Procedia CIRP*, 2014, vol. 17, pp. 178–183.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.01.057>
13. *Ganzarain J., Errasti N.* Three Stage Maturity Model in SME's Toward Industry 4.0. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 2016, vol. 9, no. 5, pp. 1119–1128. URL: <https://doi.org/10.3926/jiem.2073>

14. Moeuf A., Pellerin R., Lamouri S. et al. The Industrial Management of SMEs in the Era of Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 2017, vol. 56, iss. 3, pp. 1118–1136.
URL: <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1372647>
15. Mittal S., Khan M.A., Romero D., Wuest T. A Critical Review of Smart Manufacturing & Industry 4.0 Maturity Models: Implications for Small and Medium-sized Enterprises (SMEs). *Journal of Manufacturing Systems*, 2018, vol. 49, pp. 194–214. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.10.005>
16. Radziwon A., Bilberg A., Bogers M., Madsen E.S. The Smart Factory: Exploring Adaptive and Flexible Manufacturing Solutions. *Procedia Engineering*, 2014, vol. 69, pp. 1184–1190.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.03.108>
17. Rauch E., Spenn P.R., Matt D.T. Axiomatic Design Guidelines for the Design of Flexible and Agile Manufacturing and Assembly Systems for SMEs. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 2019, vol. 13, iss. 1, pp. 1–22.
URL: <https://doi.org/10.1007/s12008-018-0460-1>
18. Буров В.Ю., Капитонова Н.В., Кайбалина Н.Б. О роли малого предпринимательства и образования в развитии цифровой экономики // *Фундаментальные исследования*. 2018. № 4. С. 44–49.
URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=42116>
19. Коновалова М.Е., Фомин Е.П. К вопросу о роли малого предпринимательства в условиях цифровизации экономики // *Экономические науки*. 2018. № 11. С. 26–28.
URL: <https://doi.org/10.14451/1.168.26>
20. Храмов Ю.В. Проблемы оценки готовности малого и среднего бизнеса к цифровой трансформации в рамках Индустрии 4.0 // *Управление устойчивым развитием*. 2019. № 1. С. 19–23.
URL: <http://www.kstu.ru/servlet/contentblob?id=284185>
21. Таланцев В.И., Равнянский А.К. Цифровая экономика и ее роль в развитии малого и среднего инновационного предпринимательства в России // *Региональные проблемы преобразования экономики*. 2018. № 2. С. 80–86.
URL: <https://doi.org/10.26726/1812-7096-2018-2-80-86>

Информация о конфликте интересов

Я, автор данной статьи, со всей ответственностью заявляю о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

pISSN 2073-1477
eISSN 2311-8733

Socioeconomic Policy

EFFECTS OF DIGITALIZATION OF INDUSTRIAL SMALL AND MEDIUM-SIZED ENTERPRISES IN INDUSTRY 4.0

Elena S. MEZENTSEVA

Institute of Economics of Ural Branch of RAS,
Yekaterinburg, Russian Federation
mezentseva.es@uiec.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6213-6136>

Article history:

Article No. 384/2021
Received 1 July 2021
Received in revised
form 17 Sept 2021
Accepted 9 Oct 2021
Available online
15 November 2021

JEL classification:

L26, O14, O25, O38

Keywords: small and
medium-sized
enterprises, SMEs,
industry, digitalization,
Industry 4.0

Abstract

Subject. This article discusses the issues related to the industrial production process re-engineering in a fundamental way in the conditions of Industry 4.0.

Objectives. The article aims to identify the current areas of digitalization and the specifics of the implementation of Industry 4.0 achievements at small and medium-sized industrial enterprises (SMEs).

Methods. For the study, I applied the methods of theoretical generalization, systems, logical, structural, and comparative analyses, and statistical methods.

Results. The article highlights the advantages and limitations associated with the introduction of Industry 4.0 technologies in small and medium-sized industrial enterprises and identifies constraints and prospects for entering new markets. Based on the analysis of indices, the article assesses the state of preparedness and willingness of small and medium-sized enterprises in Russia for digitalization.

Conclusions. It is necessary to conduct special studies on various aspects of the implementation of Industry 4.0 technologies at small and medium-sized enterprises.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2021

Please cite this article as: Mezentseva E.S. Effects of Digitalization of Industrial Small and Medium-Sized Enterprises in Industry 4.0. *Regional Economics: Theory and Practice*, 2021, vol. 19, iss. 11, pp. 2086–2106.
<https://doi.org/10.24891/re.19.11.2086>

Acknowledgments

The article was prepared in accordance with the Institute of Economics of the Ural Branch of the RAS' Research Plan for 2021.

References

1. Matt D.T., Rauch E. SME 4.0: The Role of Small- and Medium-Sized Enterprises in the Digital Transformation. In: Matt D.T., Modrák V., Zsifkovits H. (Eds) *Industry 4.0 for SMEs. Challenges, Opportunities and Requirements*. Cham, Palgrave Macmillan, 2020, 412 p.
URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-25425-4>
2. Kang H.S., Lee J.Y., Choi S.S. et al. Smart Manufacturing: Past Research, Present Findings, and Future Directions. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 2016, vol. 3, iss. 1, pp. 111–128. URL: <https://doi.org/10.1007/s40684-016-0015-5>
3. Modrak V., Marton D., Bednar S. Modeling and Determining Product Variety for Mass-customized Manufacturing. *Procedia CIRP*, 2014, vol. 23, pp. 258–263. URL: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.10.090>
4. Zawadzki P., Żywicki K. Smart Product Design and Production Control for Effective Mass Customization in the Industry 4.0 Concept. *Management and Production Engineering Review*, 2016, vol. 7, iss. 3, pp. 105–112. URL: <https://doi.org/10.1515/mper-2016-0030>
5. Matt D.T., Rauch E., Fraccaroli D. Smart Factory für den Mittelstand: Gestaltung Eines Ganzheitlichen Produktionssystems nach der Industrie 4.0 Vision in Kleinen und Mittelständischen Unternehmen (KMU). *Zeitschrift für Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 2016, vol. 111, iss. 1-2, pp. 52–55. URL: <https://doi.org/10.3139/104.111471>
6. Safar L., Sopko J., Bednar S., Poklemba R. Concept of SME Business Model for Industry 4.0 Environment. *TEM Journal*, 2018, vol. 7, iss. 3, pp. 626–637. URL: <https://doi.org/10.18421/TEM73-20>
7. Müller J.M. Business Model Innovation in Small- and Medium-Sized Enterprises: Strategies for Industry 4.0 Providers and Users. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 2019, vol. 30, iss. 8, pp. 1127–1142. URL: <https://doi.org/10.1108/JMTM-01-2018-0008>
8. Bär K., Herbert-Hansen Z.N.L., Khalid W. Considering Industry 4.0 Aspects in the Supply Chain for an SME. *Production Engineering*, 2018, vol. 12, iss. 6, pp. 747–758. URL: <https://doi.org/10.1007/s11740-018-0851-y>
9. Sommer L. Industrial Revolution-Industry 4.0: Are German Manufacturing SMEs the First Victims of This Revolution? *Journal of Industrial*

- Engineering and Management*, 2015, vol. 8, iss. 5, pp. 1512–1532.
URL: <https://doi.org/10.3926/jiem.1470>
10. Lee J., Lapira E., Yang Sh., Kao A. Predictive Manufacturing System – Trends of Next-Generation Production Systems. *IFAC Proceedings Volumes*, 2013, vol. 46, iss. 7, pp. 150–156.
URL: <https://doi.org/10.3182/20130522-3-BR-4036.00107>
11. Brettel M., Friederichsen N., Keller M., Rosenberg M. How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective. *International Journal of Mechanical, Industrial and Aerospace Sciences*, 2014, vol. 8, no. 1, pp. 37–44. URL: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1336426>
12. Matt D.T., Rauch E., Dallasega P. Mini-Factory – A Learning Factory Concept for Students and Small- and Medium Sized Enterprises. *Procedia CIRP*, 2014, vol. 17, pp. 178–183.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.01.057>
13. Ganzarain J., Errasti N. Three Stage Maturity Model in SME's Toward Industry 4.0. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 2016, vol. 9, no. 5, pp. 1119–1128. URL: <https://doi.org/10.3926/jiem.2073>
14. Moeuf A., Pellerin R., Lamouri S. et al. The Industrial Management of SMEs in the Era of Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 2017, vol. 56, iss. 3, pp. 1118–1136.
URL: <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1372647>
15. Mittal S., Khan M.A., Romero D., Wuest T. A Critical Review of Smart Manufacturing & Industry 4.0 Maturity Models: Implications for Small and Medium-sized Enterprises (SMEs). *Journal of Manufacturing Systems*, 2018, vol. 49, pp. 194–214. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.10.005>
16. Radziwon A., Bilberg A., Bogers M., Madsen E.S. The Smart Factory: Exploring Adaptive and Flexible Manufacturing Solutions. *Procedia Engineering*, 2014, vol. 69, pp. 1184–1190.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.03.108>
17. Rauch E., Spena P.R., Matt D.T. Axiomatic Design Guidelines for the Design of Flexible and Agile Manufacturing and Assembly Systems for SMEs. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 2019, vol. 13, iss. 1, pp. 1–22.
URL: <https://doi.org/10.1007/s12008-018-0460-1>

18. Burov V.Yu., Kapitonova N.V., Kaibalina N.B. [About the role of small business and formation in development of digital economy]. *Fundamental'nye issledovaniya = Fundamental Research*, 2018, no. 4, pp. 44–49. URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=42116> (In Russ.)
19. Konovalova M.E., Fomin E.P. [On the question of the role of small business in the conditions of digitalization of the economy]. *Ekonomicheskie nauki = Economic Sciences*, 2018, no. 11, pp. 26–28. (In Russ.)
URL: <https://doi.org/10.14451/1.168.26>
20. Khramov Yu.V. [Problems of evaluation of readiness of small and medium-sized business for digital transformation within the framework of Industry 4.0]. *Upravlenie ustoychivym razvitiem = Managing Sustainable Development*, 2019, no. 1, pp. 19–23.
URL: <http://www.kstu.ru/servlet/contentblob?id=284185> (In Russ.)
21. Talantsev V.I., Ravnyanskii A.K. [The digital economy and its role in the development of small and medium-sized innovative entrepreneurship in Russia]. *Regional'nye problemy preobrazovaniya ekonomiki = Regional Problems of Transforming the Economy*, 2018, no. 2, pp. 80–86. (In Russ.)
URL: <https://doi.org/10.26726/1812-7096-2018-2-80-86>

Conflict-of-interest notification

I, the author of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.