

Д. А. Староватова

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Связь уровня роботизации и производительности труда: важен ли масштаб бизнеса?

Аннотация. В исследованиях экономических эффектов роботизации на микроэкономическом уровне не учитывается ярко выраженный цифровой разрыв между предприятиями различного масштаба. Вместе с тем он может обуславливать разность теоретических и реальных оценок указанных эффектов. Статья посвящена изучению связи роботизации и производительности труда в российской промышленности с учетом размерных групп компаний. Методологическая база исследования представлена положениями теории фирмы и экономическими теориями, описывающими сущность и методы оценки производительности труда. Использовались методы регрессионного моделирования. Информационной базой работы послужили данные о деятельности 725 российских промышленных предприятий за 2017 г., полученные в рамках выполнения программы фундаментальных исследований НИУ ВШЭ. Положительная связь между внедрением роботов и производительностью труда обнаружена только для малых и средних предприятий. Вероятно, ввиду сложности бизнес-процессов крупным компаниям требуется более глубокая и сложная роботизация для получения соответствующих выгод. Установлена отрицательная связь экспорта и производительности труда на крупных предприятиях, что противоречит «классическим» представлениям о влиянии экспортной деятельности на показатели эффективности. Такой результат может свидетельствовать о том, что высокая производительность труда существенной части крупных российских предприятий определяется их монопольным положением на отечественных рынках, тогда как формально менее производительные компании, не занимающие доминирующих позиций, оказываются достаточно конкурентоспособными и мотивированными для выхода на внешние рынки. Исследование может быть полезно руководителям предприятий, в особенности малых и средних, для формирования управленческих решений в области повышения производительности труда, в частности путем роботизации производства.

Ключевые слова: производительность труда; факторы роста; робототехника; автоматизация; цифровой разрыв; роботизация производства.

Благодарности: Публикация подготовлена в ходе проведения исследования № 22-00-065 в рамках программы «Научный фонд Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ)» в 2022 г.

Для цитирования: Starovatova D. A. (2023). The relationship between robots and labour productivity: Does business scale matter? *Journal of New Economy*, vol. 24, no. 1, pp. 81–103. DOI: 10.29141/2658-5081-2023-24-1-4. EDN: PSIBPS.

Информация о статье: поступила 21 ноября 2022 г.; доработана 19 декабря 2022 г.; одобрена 30 декабря 2022 г.

Daria A. Starovatova

HSE University, Saint Petersburg, Russia

The relationship between robots and labour productivity: Does business scale matter?

Abstract. Scholarly literature on the economic consequences of robotisation at the microeconomic level often does not take into account the pronounced digital gap between small and medium-sized businesses and large ones. In this regard, theoretical and real estimates may differ for companies of different sizes. The article studies the relationship between robotisation and labour productivity in the Russian industry in the context of size groups of companies. Methodologically, the study relies on the theory of the firm and economic theories explaining the essence of labour productivity and methods for evaluating it. The research analyses the data about 725 Russian industrial enterprises for 2017 using the methods of regression modeling. The data was obtained in the course of the fundamental research programme at the HSE University. According to the results, only small and medium-sized enterprises have a significant and reliable relationship between the introduction of robots and labour productivity. Probably due to the complexity of business processes, large businesses need deeper and more elaborate robotisation to gain labour productivity benefits. The calculations also demonstrate a negative relationship between exports and labour productivity in large companies, which contradicts the 'classical' ideas about the impact of export activities on the efficiency indicators. This may indicate that the high labour productivity of a considerable part of large Russian enterprises proceeds from their monopoly position in domestic markets, while formally less productive companies, which do not occupy dominant positions, appear to be competitive and motivated enough to enter foreign markets. The findings can be useful for the leadership of enterprises, especially that of SMEs, for the managerial decision-making in terms of increasing productivity, in particular, through robotisation of production.

Keywords: labour productivity; growth drivers; robotics; automation; digital gap; robotisation of production.

Acknowledgements: The paper is prepared in the course of the research no. 22-00-065 as part of the HSE Academic Fund Programme in 2022.

For citation: Starovatova D. A. (2023). The relationship between robots and labour productivity: Does business scale matter? *Journal of New Economy*, vol. 24, no. 1, pp. 81–103. DOI: 10.29141/2658-5081-2023-24-1-4. EDN: PSIBPS.

Article info: received November 21, 2022; received in revised form December 19, 2022; accepted December 30, 2022

Введение

Роботы давно стали привычной частью нашей жизни, однако до сих пор ведутся дебаты о влиянии системного перехода от традиционного ручного труда к машинам. Превосходство автоматизированных технических систем в некоторых аспектах неоспоримо: они могут работать в опасных условиях труда, обеспечивать стабильность качества продукции, не устают и не болеют. Не удивительно, что 2020 г. стал одним из рекордных по установке роботов¹. Во время пандемии COVID-19, когда работа предприятий всего

¹ IFR. (2021). World Robotics 2021 Industrial Robots. <https://ifr.org>.

мира остановилась из-за вынужденной изоляции людей, те компании, которые уже использовали робототехнику или смогли оперативно внедрить ее в производство, остались конкурентоспособными, поскольку продолжили работу без перерыва.

Несмотря на высокий интерес научного сообщества к вопросам цифровизации, работ, посвященных анализу факторов, проблем и эффектов роботизации на уровне отраслей и фирм, относительно немного. Наиболее актуальным для российских исследователей является вопрос влияния автоматизации на занятость. А. Урунов и И. Родина [2018, с. 138–142] называют неизбежным следствием широкого внедрения роботов масштабное сокращение рабочих мест: в России рост безработицы повысится до 15–20 %, а в мире – до 30 %, при этом в год будет исчезать от одной до трех профессий. В исследовании С. Земцова [2017, с. 142–157] утверждается, что в РФ могут пострадать от роботизации около 44,78 % занятых, однако эти расчеты основаны на предположении об «одномоментной» роботизации, что маловероятно из-за экономических, политических и иных ограничений. Противоположное мнение высказывают С. Толкачев и А. Кулаков [2016, с. 79–87], которые констатируют, что вызванный широкой автоматизацией рост производительности, наоборот, создаст новые рабочие места вследствие дополнительной экономической активности.

Неоднородность взглядов относительно влияния роботизации на занятость присутствует и в зарубежных публикациях. Так, установлено, что роботизация лишь изменяет спрос на новую рабочую силу, способную обеспечить корректную работу новых технологий, и ее распределение, без ущерба для общей занятости [Dottori, 2020, p. 739–795]. Противоположной точки зрения придерживаются исследователи, которые выявили, что один дополнительный робот на тысячу сотрудников снижает совокупное соотношение занятых в США к численности населения на 0,2 процентных пункта и сокращает совокупную заработную плату на 0,42 % [Acemoglu, Restrepo, 2020]. Вместе с тем отмечается, что снижение заработной платы происходит лишь в краткосрочной перспективе [Berg, Buffle, Zanna, 2018]. Разногласия касаются и влияния автоматизации на низкоквалифицированную рабочую силу. Авторы обнаружили значимую отрицательную связь между роботизацией и долей занятости работников, занятых рутинным трудом, но только в странах с высоким уровнем дохода [De Vries et al., 2020]. В то же время другие исследователи не находят убедительных доказательств значимой и надежной корреляции между роботами и низкоквалифицированным персоналом [Klenert, Fernández-Macías, Anton Perez, 2020]. Таким образом, вопрос взаимосвязи робототехники и занятости по сей день остается открытым.

В зарубежных работах всё больше внимания уделяется влиянию роботизации на отраслевую и страновую производительность. Исследователи говорят о значительном вкладе широкого использования роботов, оценивая его в 0,37 процентных пункта годового роста производительности труда, что составляет чуть больше одной десятой совокупного роста экономики в целом [Graetz, Michaels, 2018]. Существенное влияние роботизации подтверждают и авторы, установившие, что один дополнительный робот на 1 млн евро капитальных вложений, не связанных с ИКТ, повышает производительность труда на 44 % [Jungmittag, Pesole, 2019]. Однако, согласно другому заключению, роботизация не стала «источником возрождения» общей факторной производительности, а средний вклад роботов в рост ОФП исследуемых стран не превышает 0,2 процентных пункта в год [Cette, Devillard, Spiezia, 2021]. Таким образом, несмотря на разные взгляды относительно существенности влияния роботов, все авторы делают вывод об их положительном эффекте в области производительности труда в разных странах.

Данное исследование актуально, так как не только фокусируется на изучении связи роботизации и производительности труда на микроэкономическом уровне на основе

внутренних данных российских предприятий, но и демонстрирует неоднозначность этой связи в разрезе размерных групп компаний.

В последние годы Российской Федерации свойственны высокие темпы роста роботизации (~40 % в год¹), но ее показатели отстают от среднемировых. Согласно данным на 2019 г., плотность роботизации в России составляет всего 6 роботов на 10 тыс. занятых в промышленности, тогда как соответствующий средний показатель в мире – 113². В начале 1990-х гг. СССР использовал около 40 % всех роботов в мире. Но с его распадом развитие робототехники на государственном уровне остановилось – массовое производство и внедрение роботов прекратились, а имеющиеся роботы были демонтированы и распроданы [Ермолов, 2019]. В итоге Россия была вынуждена наладить процесс роботизации практически с нуля. Кроме того, пока в РФ сохраняется обилие дешевой рабочей силы, предприниматели не склонны инвестировать в дорогостоящие и долгосрочные проекты по автоматизации производства [Гурлев, 2020]. Отметим также, что в стране недостаточно квалифицированных кадров для решения высокотехнологичных задач [Архипова, Мельникова, 2022]. Устранить эту проблему, по мнению Н. Комкова и Н. Бондаревой [2016], может модернизация образовательной системы: введение курсов по роботизации в университетах и возобновление интереса к техническому творчеству в школах.

Отставание в роботизации от ведущих стран снижает конкурентоспособность России на международном рынке. В 2020 г. из 42 стран, предоставивших информацию, Россия занимала 38-е место по ВВП на отработанный час³ и 6-е место по среднегодовому количеству отработанных часов⁴. Таким образом, российские предприятия нуждаются в более продуктивном использовании трудовых ресурсов. В связи с этим важно оценить влияние роботизации на эффективность предприятий как один из факторов роста производительности труда.

Из-за ограничения доступности сведений на уровне фирм исследование проведено на базе данных за 2017 г., однако критических изменений в уровне роботизации и производительности труда в РФ за этот период не наблюдается: плотность роботизации в 2017 г. составила 4 робота на 10 тыс. занятых⁵, а уровень производительности труда – 25 долл. в час⁶, что всего на 3 долл. меньше, чем в 2020 г. Поэтому результаты исследования вполне применимы и в настоящее время.

Целью данной работы является анализ связи между внедрением роботов и производительностью труда предприятий. Представленные выше итоги обзора литературы позволяют выдвинуть в качестве базовой следующую гипотезу.

H1. Уровень производительности труда роботизированных предприятий при прочих равных условиях выше, чем нероботизированных.

Для проверки устойчивости полученных результатов в данной работе построены дополнительные модели в разрезе размерных групп компаний. Крупные фирмы значительно опережают остальные в освоении и внедрении цифровых решений [Назаренко, 2021]. Из-за более низкой цифровизации бизнеса субъекты малого и среднего предпринимательства (МСП) находятся на значительно более ранней стадии цифровой трансформации. Основное различие цифровизации и цифровой трансформации заключается в том,

¹ Российский рынок промышленной робототехники: интернет-портал TAdviser (2021). <https://www.tadviser.ru/index.php>.

² IFR. (2020). World Robotics. <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/record>.

³ OECD. (2021). GDP per hour worked (indicator). <https://www.oecd.org/>.

⁴ OECD. (2021). Hours worked (indicator). <https://www.oecd.org/>.

⁵ IFR. (2018). World Robotics. <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/record>.

⁶ OECD. (2018). GDP per hour worked (indicator). <https://www.oecd.org/>.

что в первом случае говорится о процессе внедрения цифровых решений, а во втором – о качественных изменениях бизнес-процессов вследствие цифровизации, приводящих к значительным социально-экономическим эффектам [Гохберг и др., 2021, с. 11–16]. Таким образом, из-за существенного отставания процесса цифровой трансформации МСП наблюдается цифровой разрыв между предприятиями разных размеров.

Этот разрыв становится более выраженным по мере усложнения цифровых технологий, что связано с недостатком необходимых для цифровизации компетентных кадров в малом и среднем бизнесе [Игошина, 2021]. Помимо этого, субъекты МСП более ограничены в финансовых возможностях, что затрудняет процесс их цифровой трансформации. Как следствие, для ощутимого повышения эффективности их производства, вероятнее всего, требуется меньшая критическая масса роботов, чем на крупных предприятиях.

Для проверки вышесказанного введем дополнительную гипотезу.

H2. Использование робототехники имеет значимую взаимосвязь с уровнем производительности труда прежде всего для МСП.

Теоретические основы исследования

Роботизация и производительность труда предприятий. Роботизация имеет ряд очевидных преимуществ для предприятий. Во-первых, когда труд обходится дороже капитала, замена рабочих машинами снижает предельные издержки на заработную плату, что повышает производительность труда [Bonfiglioli et al., 2020; Deng, Plümpe, Stegmaier, 2021]. Однако это применимо скорее к крупным фирмам, которым выгоднее оплачивать фиксированные затраты на автоматизацию для экономии на затратах переменных. Во-вторых, внедрение роботов увеличивает скорость производственного процесса, поскольку их работоспособность не снижается, что, соответственно, увеличивает выпуск и производительность труда компании. В-третьих, роботизация повышает безопасность. Хотя это не оказывает прямого влияния на производительность, снижается риск остановки работы из-за человеческих факторов. Кроме того, уменьшается вероятность допущения брака и обеспечивается стабильность качества продукции, что, как отмечают исследователи, является первоочередной причиной замены ручного труда машинами, опережающей стремление к экономии на издержках [Dixon, Hong, Wu, 2021].

В литературе отмечается растущее значение использования роботов для объяснения совокупной и отраслевой производительности в годы, предшествовавшие глобальной рецессии [Graetz, Michaels, 2018]. Однако производительность труда в странах резко снизилась после мирового экономического кризиса и лишь частично восстановилась до 2013 г., что, вероятно, вызвано финансовыми трениями, мешающими инновациям, внедрению технологий и эффективному распределению капитала [Stiebale, Suedekum, Woessner, 2020]. Это замедление возобновило споры о роли технологических волн в росте производительности труда. Данная работа проведена на базе сведений за 2017 г. – период, когда бизнес оправился от последствий мирового кризиса и еще не наступила пандемия COVID-19, вновь пошатнувшая финансовую стабильность предприятий. Это снижает вероятность влияния внешних экономических шоков на результаты исследования.

Несмотря на дефицит данных на уровне фирм, имеются научные работы о воздействии роботизации на экономические показатели предприятий. В исследовании, выполненном на основе сведений о деятельности 1 800 испанских малых и средних производственных предприятий за 1990–2015 гг., доказывалось, что чем шире используются промышленные роботы, тем выше производительность труда компаний [Ballestar et al., 2020]. Установлено, что роботизированные МСП более эффективны (в 2008 г. и 2015 г. – на 2 и 5 % соответственно), а также нанимают в среднем больше сотрудников и платят более высокие

зарплаты. Авторы также сфокусировали внимание не только на эффектах роботизации, показав, что внедрение роботов приводит к существенному повышению производительности труда (~ 20–25 % в течение четырех лет), но и на том, какие фирмы осуществляют это внедрение. Отмечено, что робототехника чаще используется в более крупных и производительных компаниях, что, вероятно, объясняется барьерами цифровой трансформации, возникающими перед субъектами МСП [Koch, Manalo, Smolka, 2019]. Похожие результаты получили исследователи, установившие, что внедрение роботов происходит после увеличения размера фирмы, вслед за которым идет повышение эффективности и падение спроса на рабочую силу. После роботизации производительность труда компаний вновь повышается, так же как и доля занятости высококвалифицированного персонала. Также обнаружено, что роботизация влияет на общий объем продаж гораздо менее сильно, чем на производительность труда, что, возможно, объясняется сокращением рабочего штата. Это свидетельствует о том, что повышение эффективности не всегда приводит к эквивалентному падению цен путем нивелирования части выгод для потребителя увеличением наценок предприятия [Bonfiglioli et al., 2020]. Соответственно, предприятия, становясь более производительными, не стремятся к снижению стоимости своей продукции, что увеличивает их массу прибыли. Таким образом, роботизация производства может обуславливать не только рост производительности предприятия, но и укрепление рыночной власти более крупных производителей.

Другие факторы роста производительности труда. В разделе представлены другие факторы роста производительности труда, использованные для построения моделей в качестве контрольных переменных.

Размер предприятия. Этот показатель необходимо учитывать, поскольку более крупные компании характеризуются более высокой производительностью труда. Выделено четыре категории предприятий в зависимости от численности сотрудников: микро- (до 15), малые (16–100), средние (101–250) и крупные (свыше 250).

Возраст предприятия. Основой включения возраста предприятия в модель является то, что переоборудование уже действующего производства согласно условиям новых технологических решений гораздо труднее, нежели изначальная работа на новом оборудовании и по новым технологиям. Поэтому, чем «моложе» предприятие, тем более современные технологии оно использует, что, соответственно, увеличивает его производительность труда.

Тип собственника. Данный показатель необходимо учитывать, поскольку от решений собственника, которые определяются личными целями, зависят многие бизнес-процессы компании, так или иначе влияющие на ее эффективность. В модели выделены два типа собственников: 1) иностранные компании/частные лица; 2) федеральные, региональные и/или местные органы власти.

Отрасль промышленности. Отрасли промышленности значительно различаются, прежде всего наукоемкостью, в связи с чем их принято разделять на группы по степени технологичности. Помимо различий в сфере затрат на НИОКР прослеживается дифференциация по уровню роботизации. Приверженцы роботов, вероятно, будут в отраслях с более значительными достижениями в технологии робототехники и более высоким скорректированным проникновением роботов (СПР), показывающим общий рост использования робототехники в отрасли в странах с развитой экономикой (кроме Франции) с 1993 г. и корректирующим механическое влияние роста отрасли на использование роботов [Acemoglu et al., 2020]. Выделяются следующие отрасли с высоким СПР и, соответственно, высокой степенью роботизации: фармацевтика, химическая промышленность, производство пластмасс, продуктов питания и напитков, изделий из металла,

первичных металлов, промышленное оборудование и автомобилестроение. Таким образом, в модели необходимо учитывать отраслевые эффекты.

Экспорт. Выход на новые рынки сопровождается сильным конкурентным давлением, дающим толчок развитию предприятия, а также порождает новые знания, «перетекающие» в фирму. Так, авторы предположили, что чем выше продажи на международных рынках, тем выше производительность труда. В соответствии с этим предположением они рассматривали растущую способность производственной фирмы увеличивать эффективность труда за счет экономии на обучении благодаря росту присутствия на международных рынках [Ballestar et al., 2020]. В результате проведенного ими исследования гипотеза подтвердилась, что дает нам почву для включения экспорта в модель.

Наличие данных на уровне фирм позволяет контролировать больше значимых факторов, нежели общие характеристики компаний.

Инновационная активность. В современном быстроразвивающемся мире инновации играют практически решающую роль в удержании конкурентоспособности на рынке. В научной литературе уже давно отмечается их значимость в повышении производительности труда [Гаршина, 2011; Траучук, Линдер, 2017]. Рост эффективности труда может быть достигнут за счет внедрения как инновационной продукции, так и инновационных технологий, поэтому построенная нами модель включает обе эти составляющие инновационной активности компаний. Кроме того, учитывается и факт инвестиций в НИОКР, поскольку такие вложения приводят к совершенствованию устаревших технологий производства, что способствует сокращению издержек, росту объемов выпуска, внедрению более качественной или принципиально новой продукции.

Износ оборудования. Своевременная замена и модернизация основных средств (ОС) компании способствует повышению или, как минимум, сохранению на одном уровне производительности труда, в то время как их высокая изношенность, наоборот, ведет к снижению эффективной работы производства. Исследователи утверждают, что именно высокая степень изношенности основных фондов предприятий стала одной из главных причин низкой производительности труда российских компаний. Степень износа ОС они измеряют в виде процента от общей производственной мощности предприятия, которая приходится на машины и оборудование возрастной категории 11 и более лет [Косякова, Попова, 2017].

Материалы и методы

Описание данных. Основой эмпирического исследования послужила база данных «Конкурентоспособность российской промышленности» 2018 года» (КРП 2018), сформированная в 2018 г. посредством опроса предприятий в рамках выполнения проекта «Факторы конкурентоспособности и роста российских промышленных предприятий» программы фундаментальных исследований НИУ ВШЭ. Дополнительно с помощью ИНН были собраны точные данные о выручке и занятости этих предприятий за 2017 г.

В опросе приняли участие 1 716 случайно отобранных российских предприятий двадцати отраслей промышленности. Выборка репрезентативна в разрезе секторов промышленности и размерных групп (приложения 1, 2). Включение в нее большого количества крупных предприятий обусловлено целями исследования. Ключевым отличием сформированной базы данных является наличие информации об использовании роботов в производстве. Это дает уникальную возможность для изучения связи применения роботов и производительности труда на уровне фирм, а не отраслей.

Большинство вопросов в анкете предполагали ответ «да/нет», поэтому основная часть анализируемых переменных представлена бинарным типом. Исключением являются

переменные производительности труда и доля от общей производственной мощности предприятия, приходящаяся на оборудование, возраст которого составляет более 10 лет. Они представлены в числовом виде, причем последняя переменная находится в диапазоне от 0 до 1.

Из 1 670 предприятий, предоставивших информацию об использовании роботов, всего 313 (~18,7 %) внедрили робототехнику на производстве, что подтверждает слабый уровень роботизации российских предприятий.

При использовании данных, собранных через ИНН, были обнаружены пропуски сведений о численности сотрудников компаний: информация либо содержала явные выбросы, либо отсутствовала. После удаления наблюдений осталось 1 091, используют роботов 232 из этих предприятий. При разделении предприятий по размерным группам с учетом численности работников (микро (до 15); малые (16–100); средние (101–250) и крупные (251 и более)) подтвердилось, что роботизированные фирмы чаще встречаются среди более крупных и производительных предприятий (табл. 1, 2).

Таблица 1. Уровень роботизации в разрезе размерных групп предприятий

Table 1. The level of robotisation by size groups of enterprises

Размер предприятия	N	Используют роботов	Не используют роботов	Уровень роботизации, %
Микро	122	20	102	16
Малые	383	68	315	18
Средние	196	41	155	21
Крупные	390	103	287	26
Всего	1 091	232	859	21

Таблица 2. Описательная статистика производительности труда на предприятиях в зависимости от использования робототехники, тыс. руб./чел.

Table 2. Descriptive statistics of labour productivity by robot use at enterprises, thousand rubles/person

Использование робототехники	Min	1-й квартиль	Медиана	Среднее	3-й квартиль	Max
Используют	19,9	1 679,0	3 361,1	8 421,2	8 115,9	217 161,6
Не используют	18,1	1 183,1	2 484,8	5 993,9	5 362,5	278 490,8

После очищения базы данных от пропусков по всем переменным и выбросов по выручке осталось 725 наблюдений, однако репрезентативность выборки в разрезе размерных групп сохранилась. Таким образом, анализ проведен на базе данных 459 предприятий малого и среднего бизнеса и 266 крупных предприятий.

В качестве зависимой переменной использовался однофакторный показатель производительности – производительность труда. Из-за ограниченности данных мы не можем наблюдать показатели добавленной стоимости или объемов производства, поэтому для измерения выпуска продукции используется выручка. Такой подход допустим, особенно если цены показывают различия в качестве продукции, а не в рыночной власти производителей, так как во втором случае уровни производительности будут отражать скорее состояние местного рынка продукции, а не эффективность [Syverson, 2011]. Таким образом, в данной работе производительность труда показывает, сколько тысяч рублей принес один сотрудник в выручку компании за 2017 г.

Распределение производительности труда далеко от нормального (рис. 1).

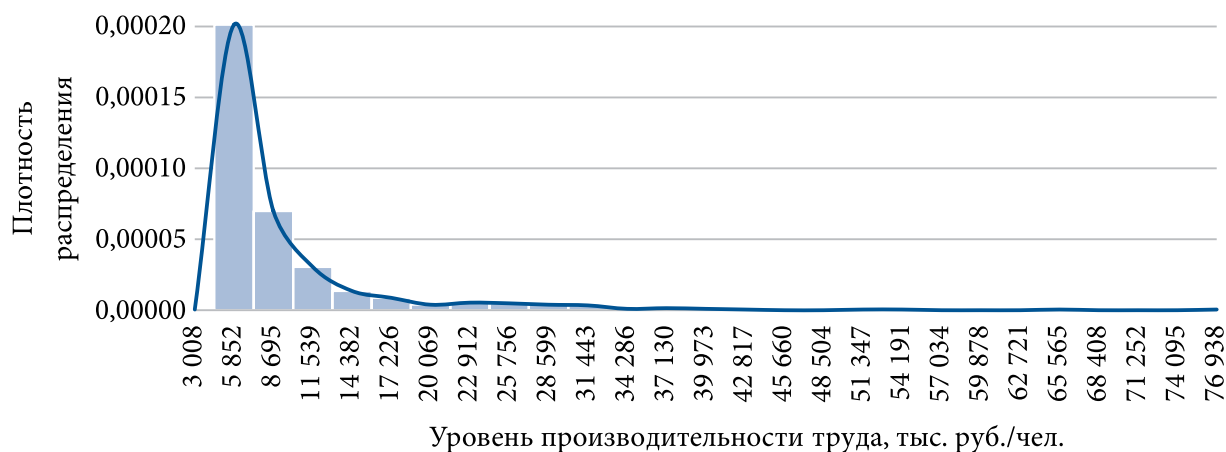


Рис. 1. Распределение производительности труда
Fig. 1. Distribution of labour productivity

Для того, чтобы приблизить распределение к нормальному, переменная была прологарифмирована. Результаты представлены на рис. 2.

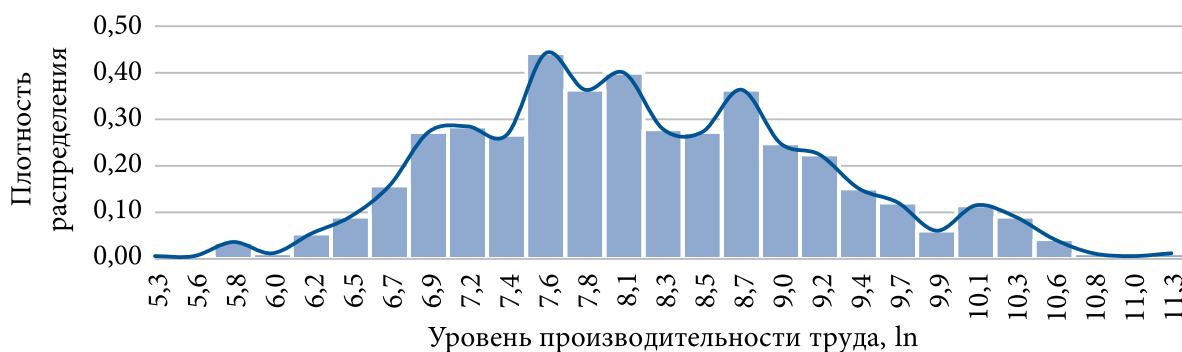


Рис. 2. Распределение натурального логарифма производительности труда
Fig. 2. Distribution of the natural logarithm of labour productivity

Отмечается также тот факт, что маленькое предприятие не всегда менее производительнее, чем крупное (рис. 3). Однако зависимость размера и производительности труда имеет положительный характер, и с увеличением масштаба разброс производительности труда сокращается, а общий тренд показывает, что встретить крупную компанию с низкой производительностью труда можно реже, чем маленькую фирму.

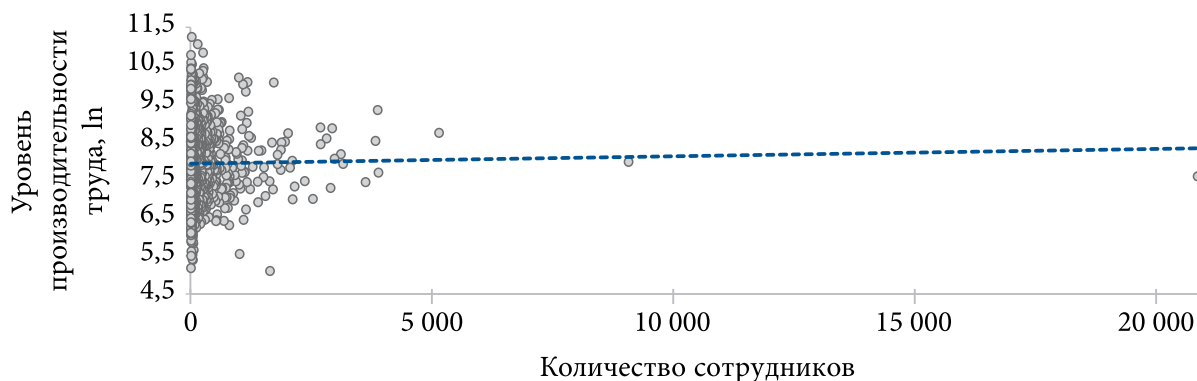


Рис. 3. Зависимость логарифма производительности труда от размера предприятия
Fig. 3. Dependence of the logarithm of labour productivity on an enterprise's size

Явно выраженных различий в характеристиках роботизированных и не роботизированных предприятий обнаружено не было. Можно отметить, что приверженцы роботов, как уже упоминалось ранее, крупнее и производительнее. Также в этих компаниях чаще встречаются иностранные и государственные собственники. Вероятно, роботизированные предприятия привлекательнее для таких инвесторов, или же наоборот, компании во главе с зарубежными предпринимателями либо государством склонны к роботизации из-за более высоких финансовых возможностей или иных стратегических целей. Кроме того, на предприятиях, внедривших роботов, ниже износ оборудования и выше процент внедрения новых или модернизированных технологий. Полная описательная статистика содержится в приложении 3.

В табл. 3 представлена описательная статистика предприятий в зависимости от размерной группы. Крупные компании характеризуются более высоким уровнем государственных/иностраных собственников, в связи с чем, вероятно, в этой группе и наблюдается более высокий экспорт. Наличие среди собственников не только российских предпринимателей / фирм позволяет им преодолеть трудности, с которыми часто сталкиваются субъекты МСП: высокие затраты выхода на внешние рынки, дефицит информации о зарубежных рынках и низкая доступность инвестиционных ресурсов [Будкова, 2015]. Как упоминалось ранее, зрелое предприятие с большей вероятностью будет характеризоваться менее современным оборудованием. Об этом и свидетельствует более высокая доля производственной мощности, приходящаяся на оборудование старше 10 лет в крупных компаниях, поскольку они, как правило, основаны значительно раньше большей части малых и средних предприятий. Инновационная активность, включая инвестиции в инновации, а также модернизацию продуктов и технологий производства, в таких компаниях заметно выше вследствие их высоких финансовых возможностей и нацеленности на экспортную деятельность. Отраслевое распределение компаний приблизительно одинаковое в обеих группах.

Таблица 3. Описательная статистика предприятий

Table 3. Descriptive statistics of the enterprises

Показатель	Предприятия			
	малые и средние (459)		крупные (266)	
	N	%	N	%
<i>Использование роботов</i>				
Используют	80	17	70	26
Не используют	379	83	196	74
<i>Собственник</i>				
Иностранный	24	5	26	10
Государственный	10	2	15	6
<i>Возраст</i>				
Зарегистрировано:				
до 1992 г.	27	6	85	32
в 1992–1998 гг.	132	29	95	36
в 1999–2010 г.	217	47	74	28
после 2011 г.	83	18	12	5
<i>Экспорт</i>				
Экспортер	124	27	118	44
Не является экспортером	335	73	148	56

Окончание таблицы 3

Table 3 (concluded)

<i>Инвестиции в НИОКР</i>						
Инвестировали	96	21	93	35		
Не инвестировали	363	79	173	65		
<i>Внедрение новых/модернизированных продуктов</i>						
Внедряли	213	46	165	62		
Не внедряли	246	54	101	38		
<i>Внедрение новых/модернизированных технологий</i>						
Внедряли	70	15	118	44		
Не внедряли	389	85	148	56		
<i>Отрасли промышленности</i>						
Пищевое производство	107	23	61	23		
Текстильное производство	8	2	5	2		
Производство одежды	19	4	5	2		
Производство кожи, кожгалантереи, обуви	8	2	4	2		
Деревообработка, производство древесины и пробки, кроме мебели, производство соломки, ткацких материалов	21	5	4	2		
Производство целлюлозы, бумаги, картона и изделий из них	14	3	9	3		
Производство кокса, нефтепродуктов	0	0	2	1		
Химическое производство	16	3	19	7		
Производство лекарственных средств и материалов, используемых для медицинских целей	9	2	8	3		
Производство резиновых, пластмассовых изделий	31	7	19	7		
Производство прочих неметаллических минеральных продуктов	38	8	26	10		
Металлургическое производство	2	0	10	4		
Производство готовых металлических изделий, кроме машин и оборудования	44	10	16	6		
Производство вычислительной техники, электронного, оптического оборудования	16	3	11	4		
Производство электронных машин и оборудования	24	5	15	6		
Производство машин и оборудования, не включенных в другие группировки	33	7	18	7		
Производство автомобилей, прицепов, полуприцепов	10	2	12	5		
Производство прочих транспортных средств и оборудования	5	1	14	5		
Мебельное производство	25	5	3	1		
Ремонт и монтаж машин и оборудования	29	6	5	2		
Показатель	Min	1-й квартиль	Медиана	Среднее	3-й квартиль	Max
<i>Малые и средние предприятия</i>						
Производительность труда, ln	5,4	7,1	7,9	7,9	8,7	11,1
Доля производственной мощности, приходящаяся на оборудование старше 10 лет	0,0	0,0	0,1	0,3	0,5	1,0
<i>Крупные предприятия</i>						
Производительность труда, ln	6,3	7,4	8,0	8,1	8,6	10,8
Доля производственной мощности, приходящаяся на оборудование старше 10 лет	0,0	0,1	0,4	0,4	0,7	1,0

Корреляционный анализ показал, что мультиколлинеарность отсутствует. Между переменными наблюдается слабая корреляция. Исключением являются категориальные переменные, разбитые на бинарные. Их корреляционная связь выше, однако не является критичной (не более $|0,6|$).

Описание подготовленных для анализа переменных представлено в приложении 4.

Методика исследования. Для проведения исследования построена множественная линейная регрессионная модель, выбор которой обусловлен характером зависимой переменной. Анализ проведен на перекрестных данных, поэтому изменение производительности труда в зависимости от изменения регрессоров во времени проследить невозможно. В работе исследуется «премия за роботизацию», то есть величина, на которую производительность труда роботизированных компаний при прочих равных условиях выше, поскольку год внедрения и количество роботов неизвестны.

Категориальные переменные размера предприятия, его возраста и отрасли промышленности включаются в модель путем разбиения на бинарные переменные. Поскольку в модель включена константа, фиктивных переменных должно быть на одну меньше, чем категорий. В качестве базовых переменных взяты следующие категории: размер – микро, возраст – дата регистрации в советское время, отрасль промышленности – пищевая.

Для анализа построено две регрессионные модели. Модель (1) является стандартной для анализа производительности труда предприятий, поскольку большинство исследований по рассматриваемой тематике используют агрегированные данные. Применение данных на уровне фирм позволяет контролировать не только общие, но и внутренние характеристики компаний, способные влиять на их производительность труда. Поэтому в модель (2) дополнительно включаются переменные, характеризующие инновационную активность компаний, а также износ оборудования предприятия.

Указанные модели выглядят следующим образом.

Модель (1):

$$\ln(\text{производительность труда}) \sim \beta_0 + \beta_1 \times \text{использование роботов} + \beta_2 \times \text{микропредприятия} + \beta_3 \times \text{малые предприятия} + \beta_4 \times \text{средние предприятия} + \beta_5 \times \text{осн. СССР} + \beta_6 \times \text{осн. 1992–1998} + \beta_7 \times \text{осн. после 2010} + \beta_8 \times \text{иностраный собственник} + \beta_9 \times \text{государственный собственник} + \beta_{10} \times \text{экспорт} + \beta_{11-30} \times \text{отрасль промышленности}_i + u.$$

Модель (2):

$$\ln(\text{производительность труда}) \sim \beta_0 + \beta_1 \times \text{использование роботов} + \beta_2 \times \text{микропредприятия} + \beta_3 \times \text{малые предприятия} + \beta_4 \times \text{средние предприятия} + \beta_5 \times \text{осн. СССР} + \beta_6 \times \text{осн. 1992–1998} + \beta_7 \times \text{осн. после 2010} + \beta_8 \times \text{иностраный собственник} + \beta_9 \times \text{государственный собственник} + \beta_{10} \times \text{экспорт} + \beta_{11} \times \text{инвестиции в НИОКР} + \beta_{12} \times \text{внедрение новых/модернизированных продуктов} + \beta_{13} \times \text{внедрение новых/модернизированных технологий} + \beta_{14} \times \text{износ оборудования} + \beta_{15-34} \times \text{отрасль промышленности}_i + u.$$

Для проверки второй гипотезы выборка разделена на две части: малые и средние предприятия и крупные предприятия. Модели для них использованы такие же, как и для проверки первой гипотезы, исключением являются переменные контроля размера.

Результаты и обсуждение

Рассмотрим результаты регрессионного анализа (табл. 4), установив в качестве критического уровня значимости 10.

Таблица 4. Детерминанты натурального логарифма производительности труда

Table 4. Determinants of the natural logarithm of labour productivity

Переменная	Модель					
	все предприятия		МСП		крупные предприятия	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Использование роботов	0,251*** (0,091)	0,162* (0,092)	0,307** (0,133)	0,216* (0,135)	0,179 (0,108)	0,119 (0,109)
Микропредприятия	база	база	–	–	–	–
Малые предприятия	0,195 (0,147)	0,224 (0,140)	–	–	–	–
Средние предприятия	0,371** (0,156)	0,374** (0,150)	–	–	–	–
Крупные предприятия	0,335** (0,150)	0,418*** (0,145)	–	–	–	–
Осн. СССР	база	база	база	база	база	база
Осн. 1992–1998	0,059 (0,098)	0,036 (0,099)	0,049 (0,200)	0,018 (0,205)	0,055 (0,106)	0,049 (0,104)
Осн. 1999–2010	0,325*** (0,108)	0,260** (0,107)	0,335 (0,204)	0,264 (0,203)	0,271** (0,129)	0,259** (0,129)
Осн. после 2010	0,463*** (0,151)	0,355** (0,154)	0,473* (0,225)	0,349** (0,229)	–0,018 (0,271)	–0,105 (0,288)
Иностранный собственник	0,249* (0,147)	0,252* (0,139)	0,247 (0,219)	0,331* (0,193)	0,322* (0,176)	0,293* (0,176)
Государственный собственник	–0,109 (0,197)	–0,044 (0,205)	0,350 (0,298)	0,560 (0,363)	–0,286 (0,229)	–0,327 (0,217)
Экспорт	0,019 (0,074)	0,069 (0,075)	0,245** (0,104)	0,297*** (0,101)	–0,189** (0,088)	–0,183** (0,091)
Инвестиции в НИОКР	–	0,055 (0,093)	–	0,017 (0,138)	–	0,108 (0,113)
Новые/модернизированные продукты	–	–0,133 (0,083)	–	–0,184 (0,120)	–	–0,071 (0,101)
Новые/модернизированные технологии	–	0,021 (0,086)	–	0,068 (0,127)	–	0,052 (0,098)
Износ оборудования	–	–0,720*** (0,112)	–	–0,871*** (0,142)	–	–0,400*** (0,161)
Константа	7,469*** (0,186)	7,784*** (0,187)	7,626*** (0,213)	8,019*** (0,222)	8,197*** (0,163)	8,197*** (0,163)
Отраслевой эффект	+	+	+	+	+	+
N	725	725	459	459	266	266
Скорректированный R-квадрат	0,10	0,15	0,09	0,16	0,21	0,22

*** p < 0,01, ** p < 0,05, * p < 0,1.

Использование роботов. Модели (1) и (2) построены на выборке из всех наблюдений. Данные в колонке 1 показывают значимую положительную связь между использованием роботов на производстве и производительностью труда. Включение в модель (2) переменных инновационной деятельности и износа оборудования ослабило значимость ключевого регрессора с 1 % критического уровня значимости до 10 %, но привело к повышению значимости переменных размера предприятий и увеличению качества модели в целом. Таким образом, при прочих равных условиях натуральный логарифм уровня

производительности труда роботизированных предприятий выше на 16,2 %, а сам уровень производительности труда – на 17,6. Следовательно, базовая гипотеза исследования подтверждается.

Вместе с тем при рассмотрении моделей (3) – (6), которые были построены в разрезе размерных групп предприятий, обнаруживается значимая положительная связь использования роботов и производительности труда для субъектов МСП. Согласно моделям (3) и (4), натуральный логарифм уровня производительности труда при прочих равных условиях выше на 21,6 %. Иными словами, премия за роботизацию малых и средних предприятий в среднем составила 29,8 % к их производительности труда. Однако, как показывают модели (5) и (6), связь роботов и производительности труда в крупных компаниях не значима. Похожие результаты встречаются и в работе, где использование робототехники также вводилось в модель бинарной переменной и оказалось незначимым фактором для производительности труда крупного бизнеса [Ballestar et al., 2020]. В реальности это может быть не так. Как уже упоминалось, в более крупных компаниях уровень роботизации предприятий и цифровизации в целом выше, чем в остальных, и из-за этого цифрового разрыва пороговое количество цифровых технологий, в том числе роботов, способных оказать значимое влияние на эффективность труда крупных компаний, больше. Поэтому наличие роботов не имеет значения для их производительности труда, здесь важнее говорить о глубине роботизации или даже о сложности используемых в производстве роботов. Таким образом, вторая гипотеза исследования подтверждается.

Размер и возраст предприятия. Модели (1) и (2) показывают: чем крупнее компания, тем, при прочих равных условиях, она производительнее, что может объясняться рыночной властью более крупных компаний, а также их более высокими финансовыми возможностями, технологическим превосходством и глубиной автоматизации. Однако чем старше предприятие, тем оно менее производительно. Компании, зарегистрированные в СССР и постсоветское время, вероятно, до сих пор несут на себе отпечаток советской неэффективности, которая проявилась в новой экономической среде, образовавшейся после 1991 г. Что касается малых и средних предприятий, основанных до 2000-х гг., отсутствие их масштабирования за такой долгий промежуток времени говорит об их изначальной неэффективности, которая и мешает им перейти из группы малого и среднего в группу крупного бизнеса. Кроме того, более «взрослые» предприятия характеризуются более высокой степенью износа оборудования, а, как подтверждают модели (2), (4) и (6), чем выше процент производственной мощности предприятия, приходящейся на оборудование старше 10 лет, тем ниже производительность труда. Поэтому для роста эффективности и удержания конкурентоспособности компаниям, независимо от размера, следует уделять большое внимание своевременному обновлению основного капитала.

Собственник предприятия. Обнаружена положительная связь между производительностью труда и наличием среди собственников иностранных частных лиц или компаний для предприятий всех размеров, в то время как с государственным собственником значимой связи не наблюдается. Присутствие иностранного собственника ведет к росту финансовых возможностей, более быстрому выходу на новые рынки, обмену лучшими практиками и новыми технологиями, что в конечном счете может способствовать повышению конкурентоспособности и производительности компании.

Экспорт. Связь экспорта и производительности труда в моделях на общей выборке незначима, что, вероятно, обусловлено наложением эффектов экспорта в МСП и крупных компаниях. Применение моделей (3) и (4) показывает, что экспорт значим и положителен, в то время как в моделях (5) и (6) характер связи отрицательный. Положительная

связь экспорта и производительности труда обычно обуславливается либо обучением фирм посредством экспортной деятельности, что позволяет им становиться более конкурентоспособными, либо производством премиального продукта, который востребован как на внутреннем, так и на внешнем рынке, либо тем, что экспортирующие компании заранее более производительны, что и позволяет им выходить на международный рынок. В случае малого и среднего бизнеса экспорт работает классически, чего нельзя сказать о крупных предприятиях. Вероятно, высокая эффективность их труда чаще всего обусловлена не конкурентными преимуществами, а монопольным положением на российском рынке. Находясь в доминирующем положении, такие компании не испытывают потребности выходить на внешние рынки. В то же время предприятия, которые не обладают такими преимуществами, формально оказываются менее производительными, поскольку не имеют доступа к установлению цены, но в то же время предлагают такую продукцию, которая оказывается востребована на внешних рынках. Кроме того, крупные компании находятся под определенным давлением государства. В частности, они стеснены в сокращении кадров ввиду необходимости сохранения рабочих мест, даже если самой компании не требуется столь многочисленный штат сотрудников. При этом наложение высоких издержек от экспорта и содержания большого количества работников может привести к снижению производительности труда предприятий.

Инновации. Инновационная деятельность предприятий незначима во всех моделях. С одной стороны, это может быть обусловлено спецификой бизнеса в РФ, где рост производительности труда предприятий в значительной степени достигается не за счет внедрения новых продуктов или технологий, а за счет урезания расходов с помощью автоматизации производства. С другой стороны, эффект от инноваций является долгосрочным. В докладе Европейского банка реконструкции и развития за 2014 г.¹, где исследовалась взаимосвязь инноваций и производительности труда на предприятиях, утверждается, что наблюдаемая между ними корреляция слабее реального влияния инноваций на производительность. Чтобы это влияние полностью выразилось в повышении производительности труда, необходимо время, причем чем сложнее инновации, тем больше времени потребуются. Что касается инвестиций в НИОКР, важным аспектом является именно интенсивность инвестирования. По результатам анализа факторов роста производительности труда исследователи приходят к выводу о том, что положительная динамика этого показателя прослеживается для тех компаний, чьи расходы на НИОКР были значимыми [Симачев и др., 2020]. Вместе с тем в нашем случае мы фиксировали лишь факт финансирования, а не глубину инвестиций.

Заключение

Подведем итоги. Используя данные на уровне фирм, полученные посредством опроса российских промышленных предприятий, и методы линейного регрессионного моделирования, мы исследовали взаимосвязь между внедрением роботов и уровнем производительности труда указанных предприятий в зависимости от их масштаба.

Значимая и положительная связь роботизации и эффективности труда, как и предполагалось, обнаружена только для малых и средних предприятий. Как показывают результаты исследования, премия за роботизацию МСП составила 29,8 %, иными словами, в компаниях, использующих робототехнику, один работник в среднем принес в выручку, выраженную в тысячах рублей, на 29,8 % больше, чем в компаниях, не внедривших роботов.

¹ Европейский банк реконструкции и развития. Доклад о переходном процессе. (2014). С. 47–69. <https://www.ebrd.com/downloads/research/transition/tr14r.pdf>.

Тот факт, что на крупных предприятиях взаимосвязи робототехники и производительности труда не наблюдается, вероятно, обусловлен их более высокой цифровизацией по сравнению с МСП. Отставание в цифровой трансформации позволяет малому и среднему бизнесу ощутимо повысить эффективность труда даже при внедрении небольшого числа роботов, тогда как крупным компаниям для достижения этой цели необходимо автоматизировать больше бизнес-процессов ввиду масштаба их предпринимательской деятельности. Соответственно, их цифровизация проходит медленнее, а если используются неподходящие технологии или последовательность их внедрения некорректна, автоматизация может не принести желаемого эффекта или даже ослабить эффективность, из-за чего придется перестраивать другие бизнес-процессы. В связи с этим при изучении связи роботов и производительности труда компаний большого размера необходимо учитывать не просто факт использования робототехники, а более полную информацию, например количество роботов в производстве или сложность технологий роботизации.

Таким образом, изучая воздействие цифровизации на экономические показатели, необходимо учитывать масштаб предприятий и использовать разные методы. Так, для предприятий меньших размеров достаточно применять бинарные переменные использования/неиспользования роботов (и других цифровых технологий в том числе) в производстве, тогда как для крупных компаний эта переменная должна быть более углубленной и содержать больше качественной информации.

Результаты исследования могут быть полезны для формирования управленческих решений в области повышения эффективности производства путем его автоматизации. Наглядная демонстрация значимой и положительной связи робототехники и производительности труда в сфере МСП позволяет утверждать, что малому и среднему бизнесу в промышленном секторе необходимо использовать роботов в своей деятельности, чтобы оставаться конкурентоспособными и эффективными в борьбе за место на рынке.

Приложение 1. Репрезентативность выборки в разрезе отраслевых групп, %¹

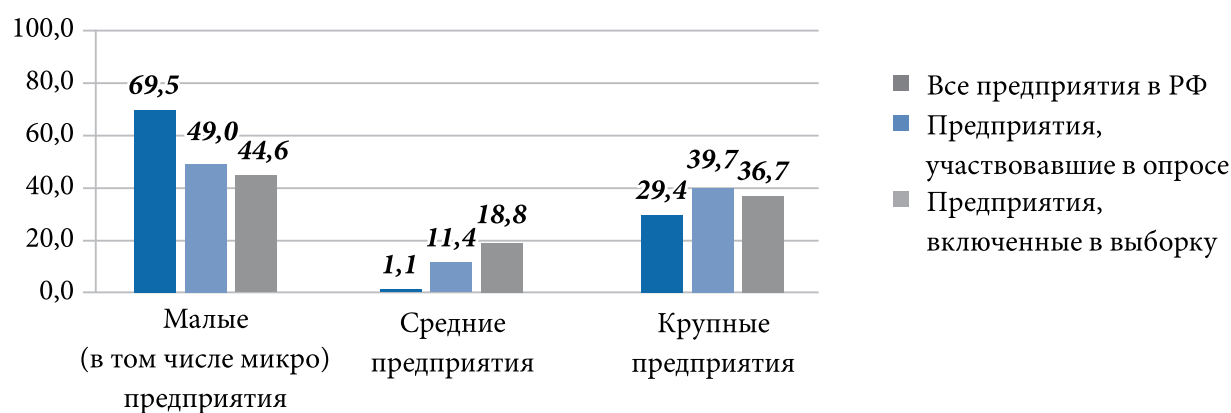
Appendix 1. Representativeness of the sample by industry groups, %



¹ Приложения 1, 2 составлены на основе данных Росстата и КРП 2018.

Приложение 2. Репрезентативность выборки в разрезе размерных групп по рассматриваемым отраслям, %

Appendix 2. Representativeness of the sample by size groups for the industries under consideration, %



Приложение 3. Описательная статистика компаний в зависимости от использования роботов

Appendix 3. Descriptive statistics of the companies by robot use

Показатель	Предприятия			
	роботизированные (150)		не роботизированные (575)	
	N	%	N	%
<i>Размер предприятий</i>				
Микро	12	8	65	11
Малые	41	27	205	36
Средние	27	18	109	19
Крупные	70	47	196	34
<i>Собственник</i>				
Иностранный	17	11	33	6
Государственный	9	6	16	3
<i>Возраст</i>				
Зарегистрировано:				
до 1992 г.	30	20	82	14
в 1992–1998 гг.	48	32	179	31
в 1999–2010 гг.	60	40	231	40
после 2011 г.	12	8	83	14
<i>Экспорт</i>				
Экспортер	51	34	191	33
Не является экспортером	99	66	384	67
<i>Инвестиции в НИОКР</i>				
Инвестировали	44	29	145	25
Не инвестировали	106	71	430	75
<i>Внедрение новых/модернизированных продуктов</i>				
Внедряли	83	55	295	51
Не внедряли	67	45	280	49

Окончание приложения 3

Appendix 3 (concluded)

Показатель	Предприятия					
	роботизированные (150)		не роботизированные (575)			
	N	%	N	%		
<i>Внедрение новых/модернизированных технологий</i>						
Внедряли	70	47	190	33		
Не внедряли	80	53	385	67		
<i>Отрасли промышленности</i>						
Пищевое производство	19	13	149	26		
Текстильное производство	4	3	9	2		
Производство одежды	4	3	20	3		
Производство кожи, кожгалантереи, обуви	2	1	10	2		
Деревообработка и производство древесины и пробки, кроме мебели, производство соломки, ткацких материалов	2	1	23	4		
Производство целлюлозы, бумаги, картона и изделий из них	10	7	13	2		
Производство кокса, нефтепродуктов	0	0	2	0		
Химическое производство	4	3	31	5		
Производство лекарственных средств и материалов, используемых для медицинских целей	4	3	13	2		
Производство резиновых и пластмассовых изделий	11	7	39	7		
Производство прочих неметаллических минеральных продуктов	12	8	52	9		
Металлургическое производство	2	1	10	2		
Производство готовых металлических изделий, кроме машин и оборудования	16	11	44	8		
Производство вычислительной техники, электронного, оптического оборудования	9	6	18	3		
Производство электронных машин и оборудования	14	9	25	4		
Производство машин и оборудования, не включенных в другие группировки	10	7	41	7		
Производство автомобилей, прицепов, полуприцепов	5	3	17	3		
Производство прочих транспортных средств и оборудования	9	6	10	2		
Мебельное производство	7	5	21	4		
Ремонт и монтаж машин и оборудования	6	4	28	5		
Показатель	Min	1-й квартиль	Медиана	Среднее	3-й квартиль	Max
<i>Роботизированные предприятия</i>						
Производительность труда, ln	5,7	7,5	8,1	8,2	8,9	10,4
Доля производственной мощности, приходящаяся на оборудование старше 10 лет	0,0	0,0	0,2	0,2	0,4	1,0
<i>Не роботизированные предприятия</i>						
Производительность труда, ln	5,4	7,2	7,9	7,9	8,6	11,1
Доля производственной мощности, приходящаяся на оборудование старше 10 лет	0,0	0,0	0,2	0,3	0,7	1,0

Приложение 4. Перечень переменных

Appendix 4. List of variables

Переменная	Описание переменной
Ln (производительность труда)	Зависимая переменная. Отношение выручки, тыс. руб., и количества сотрудников, ln
Использование роботов	Ключевой регрессор. Использование роботов в производстве (1 – да, 0 – нет)
Микропредприятия	Число сотрудников менее 16 (1 – да, 0 – нет)
Малые предприятия	Число сотрудников от 16 до 100 (1 – да, 0 – нет)
Средние предприятия	Число сотрудников от 101 до 250 (1 – да, 0 – нет)
Крупные предприятия	Базовая переменная в категории. Число сотрудников более 250 (1 – да, 0 – нет)
Осн. СССР	Регистрация до 1992 г. (1 – да, 0 – нет)
Осн. 1992–1998	Регистрация в 1992–1998 гг. (1 – да, 0 – нет)
Осн. 1999–2010	Базовая переменная в категории. Регистрация в 1999–2010 гг. (1 – да, 0 – нет)
Осн. после 2010	Регистрация после 2011 г. (1 – да, 0 – нет)
Иностраный собственник	Среди собственников есть иностранные частные лица и компании (1 – да, 0 – нет)
Государственный собственник	Среди собственников есть федеральные, региональные и/или местные органы (1 – да, 0 – нет)
Экспорт	Осуществление экспортной деятельности в 2017 г. (1 – да, 0 – нет)
Инвестиции в НИОКР	Осуществление инвестиций в НИОКР в 2017 г. (1 – да, 0 – нет)
Новые/модернизированные продукты	Внедрение новых/модернизированных продуктов (1 – да, 0 – нет)
Новые/модернизированные технологии	Внедрение новых/модернизированных технологий (1 – да, 0 – нет)
Износ оборудования	Доля общей производственной мощности, приходящейся на оборудование и машины возрастной категории 11 и более лет
Отрасль промышленности	Включение бинарным способом всех отраслей промышленности в модель; база – пищевое производство

Источники

Архипова Л. С., Мельникова Д. М. (2022). Оценка современных барьеров, влияющих на цифровизацию российского рынка труда // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. № 2 (70). Номер статьи: 7002. DOI: 10.24412/1999-2645-2022-270-2.

Будкова С. В. (2015). Факторы, определяющие развитие экспортно ориентированных малых и средних предприятий // Социально-экономические явления и процессы. № 6. С. 24–29.

Гаршина О. П. (2011). Влияние инноваций на рост производительности труда промышленных предприятий // Вестник Самарского государственного университета. № 6 (87). С. 19–25.

Гохберг Л. М., Рудник П. Б., Вишнеvский К. О., Зинина Т. С. (ред.). (2021). Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты: доклад НИУ ВШЭ. Москва: Издательский дом Высшей школы экономики. 239 с.

Гурлев И. В. (2020). Цифровизация экономики России и проблемы роботизации // Вестник Евразийской науки. № 4 (12). <https://esj.today/PDF/08ECVN420.pdf>.

Ермолов И. Л. (2019). О роли промышленной робототехники в развитии промышленности России // Инновации. № 10. С. 127–129. DOI: 10.26310/2071-3010.2019.252.10.015.

Земцов С. П. (2017). Роботы и потенциальная технологическая безработица в регионах России: опыт изучения и предварительные оценки // Вопросы экономики. № 7. С. 142–157. DOI: 10.32609/0042-8736-2017-7-142-157.

Игошина Д. Р. (2021). Особенности цифровизации бизнес-процессов в компаниях малого и среднего предпринимательства // Индустриальная экономика. Т. 11, № 5. С. 1092–1097. DOI: 10.47576/2712-7559_2021_5_11_1092.

Комков Н. И., Бондарева Н. Н. (2016). Перспективы и условия развития робототехники в России // Модернизация. Инновации. Развитие. Т. 7, № 2. С. 8–21. DOI: 10.18184/2079-4665.2016.7.2.8.21.

Косякова Л. Н., Попова А. Л. (2017). Задачи повышения производительности труда в России и пути их решения // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. № 3 (48). С. 153–157.

Назаренко А. А. (2021). Распространение цифровых технологий среди малых и средних форм хозяйствующих субъектов в Российской Федерации // Вопросы инновационной экономики. Т. 11, № 4. С. 1439–1450. DOI: 10.18334/vines.11.4.113671.

Симачев Ю. В., Кузык М. Г., Федюнина А. А., Юревич М. А. (2020). Производительность труда в российских компаниях: как содействовать устойчивому росту // Журнал Новой Экономической Ассоциации. № 4 (48). С. 205–217. DOI: 10.31737/2221-2264-2020-48-4-10.

Толкачёв С. А., Кулаков А. Д. (2016). Роботизация как направление неоиндустриализации (на примере США) // Мир новой экономики. № 2. С. 79–87.

Трачук А. В., Линдер Н. В. (2017) Инновации и производительность российских промышленных компаний // Инновации. № 4 (222). С. 53–65.

Урунов А. А., Родина И. Б. (2018). Влияние искусственного интеллекта и интернет-технологий на национальный рынок труда // Фундаментальные исследования. № 1. С. 138–142.

Acemoglu D., Lelarge C., Restrepo P. (2020). Competing with robots: Firm-level evidence from France. *AEA Papers and Proceedings*, vol. 110, pp. 383–388. DOI: 10.1257/pandp.20201003.

Acemoglu D., Restrepo P. (2020). Robots and jobs: Evidence from US labor markets. *Journal of Political Economy*, vol. 128, no. 6, pp. 2188–2244. DOI: 10.1086/705716.

Ballestar M. T., Díaz-Chaob A., Sainzb J., Torrent-Sellens J. (2020). Knowledge, robots and productivity in SMEs: Explaining the second digital wave. *Journal of Business Research*, vol. 108, pp. 119–131. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.11.017>.

Berg A., Buffie E. F., Zanna L.-F. (2018). Should we fear the robot revolution? (The correct answer is yes). *Journal of Monetary Economics*, vol. 97, pp. 117–148. DOI: 10.1016/j.jmoneco.2018.05.014.

Bonfiglioli A., Crinò R., Fadinger H., Gancia G. (2020). *Robot imports and firm-level outcomes (CESifo Working Paper no. 8741)*. Munich Society for the Promotion of Economic Research. 48 p.

Cette G., Devillard A., Spiezia V. (2021). The contribution of robots to productivity growth in 30 OECD countries over 1975–2019. *Economics Letters*, vol. 200, 109762. DOI: 10.1016/j.econlet.2021.109762.

Deng L., Plümpe V., Stegmaier J. (2021). *Robot adoption at German plants (IWH Discussion Papers no. 19/2020)*. Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung Halle. 35 p.

Dixon J., Hong B., Wu L. (2021). The robot revolution: Managerial and employment consequences for firms. *Management Science*, vol. 67, no. 9, pp. 5586–5605. DOI: 10.1287/mnsc.2020.3812.

Dottori D. (2020). *Robots and employment: Evidence from Italy (Bank of Italy Occasional Paper no. 572)*. Banca d'Italia. 61 p. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3680743>.

Graetz G., Michaels G. (2018). Robots at work. *The Review of Economics and Statistics*, vol 100, no. 5, pp. 753–768. DOI:10.1162/rest_a_00754.

Jungmittag A., Pesole A. (2019). *The impact of robots on labour productivity: A panel data approach covering 9 industries and 12 countries (JRC Working Papers on Labour, Education and Technology no. 2019-08)*. Joint Research Centre (JRC), European Commission. 27 p.

Klenert D., Fernández-Macías E., Anton Perez J. I. (2020). *Do robots really destroy jobs? Evidence from Europe (JRC Working Papers Series on Labour, Education and Technology, no. 2020/01)*. Joint Research Centre (JRC), European Commission. 51 p.

Koch M., Manalo I., Smolka M. (2019). *Robots and firms (CESifo Working Paper no. 7608)*. Munich Society for the Promotion of Economic Research. 47 p.

Stiebale J., Suedekum J., Woessner N. (2020). *Robots and the rise of European superstar firms (DICE Discussion Paper no. 347)*. Heinrich Heine University Düsseldorf, Düsseldorf Institute for Competition Economics (DICE). 60 p.

Syverson C. (2011). What determines productivity? *Journal of Economic Literature*, vol. 49, no. 2, pp. 326–365. DOI: 10.1257/jel.49.2.326.

Vries G. J., de, Gentile E., Miroudot S., Wacker K. M. (2020). The rise of robots and the fall of routine jobs. *Labour Economics*, vol. 66, 101885. DOI: 10.1016/j.labeco.2020.101885.

Информация об авторе

Староватова Дарья Александровна – стажер-исследователь научно-учебной группы «Экономика роботизации отраслей и фирм» Центра исследований структурной политики. Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г. Санкт-Петербург, РФ. E-mail: darastarovatova@gmail.com

• • •

References

Arkhipova L. S., Melnikova D. M. (2022). Assessment of modern barriers affecting digitalization Russian labor market. *Regionalnaya ekonomika i upravlenie: elektronnyy nauchnyy zhurnal = Regional Economics and Management: Electronic Scientific Journal*, no. 2 (70), 7002. DOI: 10.24412/1999-2645-2022-270-2. (In Russ.)

Budkova S. V. (2015). Factors defining development of the export focused small and medium-sized enterprises. *Sotsialno-ekonomicheskie yavleniya i protsessy = Social-Economic Phenomena and Processes*, no. 6, pp. 24–29. (In Russ.)

Garshina O. P. (2011). The impact of innovations on labour productivity growth at industrial enterprises. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo universiteta = Vestnik of Samara State University*, no. 6 (87), pp. 19–25. (In Russ.)

Gokhberg L. M., Rudnik P. B., Vishnevskiy K. O., Zinina T. S. (eds.). (2021). *Digital transformation of industries: Starting conditions and priorities. HSE University Report*. Moscow: HSE University. 239 p. (In Russ.)

Gurlev I. V. (2020). Digitalization of the Russian economy and problems of robotics. *Vestnik Evraziyskoy nauki = The Eurasian Scientific Journal*, no. 4 (12). <https://esj.today/PDF/08ECVN420.pdf>. (In Russ.)

Ermolov I. L. (2019). Role of industrial robots in perspectives of Russian economy. *Innovatsii = Innovations*, no. 10, pp. 127–129. DOI: 10.26310/2071-3010.2019.252.10.015. (In Russ.)

Zemtsov S. P. (2017). Robots and potential technological unemployment in the Russian regions: Review and preliminary results. *Voprosy ekonomiki = The Issues of Economics*, no. 7, pp. 142–157. DOI: 10.32609/0042-8736-2017-7-142-157. (In Russ.)

Igoshina D. R. (2021). Features of digitalization of business processes in companies of small and medium entrepreneurship. *Industrialnaya ekonomika = Industrial Economics*, vol. 11, no. 5, pp. 1092–1097. DOI: 10.47576/2712-7559_2021_5_11_1092. (In Russ.)

Komkov N. I., Bondareva N. N. (2016). The perspectives and the conditions of the robotics development in Russia. *Modernizatsiya. Innovatsii. Razvitie = MIR (Modernization. Innovation. Research)*, vol. 7, no. 2, pp. 8–21. DOI: 10.18184/2079-4665.2016.7.2.8.21. (In Russ.)

Kosyakova L. N., Popova A. L. (2017). Tasks of improving labour productivity in Russia and ways to fulfill them. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of the Saint Petersburg State Agrarian University*, no. 3 (48), pp. 153–157. (In Russ.)

Nazarenko A. A. (2021). The spread of digital technologies in small and medium-sized enterprises in the Russian Federation. *Voprosy innovatsionnoy ekonomiki = Russian Journal of Innovation Economics*, vol. 11, no. 4, pp. 1439–1450. DOI: 10.18334/vinec.11.4.113671. (In Russ.)

Simachev Yu. V., Kuzyk M. G., Fedyunina A. A., Yurevich M. A. (2020). Labor productivity in Russian companies: How to foster sustainable growth. *Zhurnal Novoy Ekonomicheskoy Assotsiatsii = The Journal of the New Economic Association*, no. 4 (48), pp. 205–217. DOI: 10.31737/2221-2264-2020-48-4-10. (In Russ.)

- Tolkachev S. A., Kulakov A. D. (2016). Robotization as the direction of neoindustrialization (on the example of the USA). *Mir novoy ekonomiki = The World of New Economy*, no. 2, pp. 79–87. (In Russ.)
- Trachuk A. V., Linder N. V. (2017). Innovations and productivity of the Russian industrial companies. *Innovatsii = Innovations*, no. 4 (222), pp. 53–65. (In Russ.)
- Urunov A. A., Rodina I. B. (2018). Influence of artificial intelligence and the Internet – technologies on national labor market. *Fundamentalnye issledovaniya = Fundamental Research*, no. 1, pp. 138–142. (In Russ.)
- Acemoglu D., Lelarge C., Restrepo P. (2020). Competing with robots: Firm-level evidence from France. *AEA Papers and Proceedings*, vol. 110, pp. 383–388. DOI: 10.1257/pandp.20201003.
- Acemoglu D., Restrepo P. (2020). Robots and jobs: Evidence from US labor markets. *Journal of Political Economy*, vol. 128, no. 6, pp. 2188–2244. DOI: 10.1086/705716.
- Ballestar M. T., Díaz-Chaob A., Sainzb J., Torrent-Sellens J. (2020). Knowledge, robots and productivity in SMEs: Explaining the second digital wave. *Journal of Business Research*, vol. 108, pp. 119–131. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.11.017>.
- Berg A., Buffie E. F., Zanna L.-F. (2018). Should we fear the robot revolution? (The correct answer is yes). *Journal of Monetary Economics*, vol. 97, pp. 117–148. DOI: 10.1016/j.jmoneco.2018.05.014.
- Bonfiglioli A., Crinò R., Fadinger H., Gancia G. (2020). *Robot imports and firm-level outcomes (CESifo Working Paper no. 8741)*. Munich Society for the Promotion of Economic Research. 48 p.
- Cette G., Devillard A., Spiezia V. (2021). The contribution of robots to productivity growth in 30 OECD countries over 1975–2019. *Economics Letters*, vol. 200, 109762. DOI: 10.1016/j.econlet.2021.109762.
- Deng L., Plümpe V., Stegmaier J. (2021). *Robot adoption at German plants (IWH Discussion Papers no. 19/2020)*. Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung Halle. 35 p.
- Dixon J., Hong B., Wu L. (2021). The robot revolution: Managerial and employment consequences for firms. *Management Science*, vol. 67, no. 9, pp. 5586–5605. DOI: 10.1287/mnsc.2020.3812.
- Dottori D. (2020). *Robots and employment: Evidence from Italy (Bank of Italy Occasional Paper no. 572)*. Banca d'Italia. 61 p. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3680743>.
- Graetz G., Michaels G. (2018). Robots at work. *The Review of Economics and Statistics*, vol 100, no. 5, pp. 753–768. DOI:10.1162/rest_a_00754.
- Jungmittag A., Pesole A. (2019). *The impact of robots on labour productivity: A panel data approach covering 9 industries and 12 countries (JRC Working Papers on Labour, Education and Technology no. 2019-08)*. Joint Research Centre (JRC), European Commission. 27 p.
- Klenert D., Fernández-Macías E., Anton Perez J. I. (2020). *Do robots really destroy jobs? Evidence from Europe (JRC Working Papers Series on Labour, Education and Technology, no. 2020/01)*. Joint Research Centre (JRC), European Commission. 51 p.
- Koch M., Manalo I., Smolka M. (2019). *Robots and firms (CESifo Working Paper no. 7608)*. Munich Society for the Promotion of Economic Research. 47 p.
- Stiebale J., Suedekum J., Woessner N. (2020). *Robots and the rise of European superstar firms (DICE Discussion Paper no. 347)*. Heinrich Heine University Düsseldorf, Düsseldorf Institute for Competition Economics (DICE). 60 p.
- Syverson C. (2011). What determines productivity? *Journal of Economic Literature*, vol. 49, no. 2, pp. 326–365. DOI: 10.1257/jel.49.2.326.
- Vries G. J., de, Gentile E., Miroudot S., Wacker K. M. (2020). The rise of robots and the fall of routine jobs. *Labour Economics*, vol. 66, 101885. DOI: 10.1016/j.labeco.2020.101885.

Information about the author

Daria A. Starovatova, Research Intern of the research group “Economics of Robotisation of Industries and Firms” in the Center for Structural Policy Research. HSE University, Saint Petersburg, Russia. E-mail: darastarovatova@gmail.com