

# ВЛИЯНИЕ РОБОТИЗАЦИИ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В РОССИИ

**А. А. ФЕДЮНИНА, Н. А. ГОРОДНОЙ, Ю. В. СИМАЧЕВ**

*Факультет экономических наук, Национальный исследовательский университет  
«Высшая школа экономики», Россия*

**Цель исследования:** оценка влияния импорта промышленных роботов на производительность предприятий в российской обрабатывающей промышленности. **Методология исследования:** моделирование произведено с использованием методов панельной регрессии со случайными эффектами и метода наименьших квадратов. Выборка включает 81 794 предприятия российской обрабатывающей промышленности, активных в период посткризисного развития российской экономики в 2011–2018 гг. **Результаты исследования:** обнаружено, что предприятия, осуществляющие прямой импорт промышленных роботов, крупнее и чаще интернационализированы, т. е. имеют иностранных собственников и осуществляют прямой экспорт. Выявлены положительные эффекты от импорта роботов на совокупную факторную производительность и производительность труда. Полученные результаты позволяют утверждать, что в российской обрабатывающей промышленности эффекты от роботизации на производительность значительно больше для предприятий, не относящихся к лидерам, при этом именно последние нередко интернационализированы (экспортеры и предприятия с иностранным капиталом) и чаще импортируют робототехнику. **Оригинальность и вклад авторов:** настоящее исследование представляет собой первый подход к оценке эффектов от внедрения промышленных роботов в российской экономике. Результаты статьи показывают, что промышленные роботы могут рассматриваться как способ повышения конкурентоспособности российской экономики и преодоления разрыва в уровне производительности труда внутри отраслей. Ограничением работы является использование данных только по прямому импорту предприятий.

**Ключевые слова:** промышленные роботы, внедрение роботов, совокупная факторная производительность, производительность труда, российская экономика, обрабатывающая промышленность.

**JEL:** J24, D24, O14.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 22-78-10110)  
Адрес организации: Факультет экономических наук, Национальный исследовательский университет  
«Высшая школа экономики», Покровский бул., 11, Москва, 101000, Россия.

© А. А. Федюнина, Н. А. Городной, Ю. В. Симачев, 2023

<https://doi.org/10.21638/spbu18.2023.104>

## ВВЕДЕНИЕ

Распространение промышленных роботов вызвало интенсивные дискуссии со стороны ученых, экспертов и лиц, которые принимают решения вследствие высокой неопределенности и неоднородности возникающих вследствие роботизации эффектов. В глобальной истории потребность понимать, какие выгоды и потери могут быть связаны с автоматизацией для конкурентоспособности компаний, отраслей и национальных экономик, возникла во время каждой волны технологической революции [Acemoglu, Restrepo, 2018; Gasparetto, Scalera, 2019; Ballestar et al., 2021]. Однако ожидаемые эффекты по-разному проявлялись в отдельных экономиках.

В условиях четвертой промышленной революции ряд развивающихся стран, например: Россия, Болгария и Румыния в Европе, Китай, Таиланд и Малайзия в Азии, имеют возможность за счет внедрения промышленных роботов достичь технологической и промышленной модернизации в относительно короткие сроки [Du, Lin, 2022]. Вместе с тем необходимо учитывать, что внедрение робототехники несет серьезные риски, среди которых в недавней теоретической и эмпирической литературе обсуждаются такие, как экономическая стагнация и отсутствие технологического апгрейда [Gasteiger, Prettnner, 2022; Gordon, 2014; Sachs, Kottlikoff, 2012; Sachs, Benzell, LaGarda, 2015; Prettnner, Strulik, 2020], рост неравенства в отраслях и на рынке труда [Benzell et al., 2015; Lankisch, Prettnner, Prskawetz, 2019], отсутствие значимых эффектов в росте производительности [Autor, Salomons, 2018; Ballestar et al., 2021; Stiebale, Suedekum, Woessner, 2020; Graetz, Michaels, 2018].

Несмотря на бурный рост числа исследований, большинство из них основано на данных по ограниченному числу развитых экономик. Например, на микроуровне имеются свидетельства только по нескольким

странам ЕС — Германии, Франции, Италии и Испании [Deng, Plümpe, Stegmaier, 2021; Bonfiglioli et al., 2020; Acemoglu, Lelarge, Restrepo, 2020; Caselli, Fracasso, Traverso, 2021; Dottori, 2021; Ballestar et al., 2020; Koch, Manuylov, Smolka, 2021; Fernandez-Macias, Klenert, Anton, 2021]. Гораздо меньше известно о последствиях внедрения роботов в новых странах — членах ЕС и бывших странах с переходной экономикой, включая Словению, Словакию, Чехию и Венгрию [Cette, Devillard, Spiezia, 2021]. Растет число исследований на данных Китая [Cheng et al., 2019; Du, Lin, 2022; Huang, He, Lin, 2022]. Хотя Россия нередко отмечается как потенциальный бенефициар эффектов от внедрения промышленных роботов, нам неизвестны исследования, в которых оценивались бы эффекты от внедрения промышленных роботов на производительность труда на российских предприятиях.

Следуя работе [Cette, Devillard, Spiezia, 2021], где показано, что роботизация промышленности на начальных этапах вносит наибольший вклад в темпы роста производительности, можно было бы предложить, что подобная ситуация, вероятно, должна наблюдаться и в российской экономике. Однако до настоящего времени влияние роботов на производительность в российской экономике остается неизученной областью со стороны как отечественных, так и зарубежных авторов. В существенной степени это, вероятно, объясняется отсутствием доступных данных.

В работе собрана уникальная база данных, которая содержит информацию о прямом импорте промышленных роботов отечественными предприятиями обрабатывающей промышленности, а также широкий набор базовых и экономических показателей предприятий.

Цель статьи — оценить влияние промышленных роботов на производительность предприятий в отраслях обрабатывающей промышленности российской экономики. Полученные результаты позволяют расширить представления о факторах

роста производительности в отечественной обрабатывающей промышленности и сформулировать следствия для российской экономической политики.

Статья имеет следующую структуру. В первом разделе описывается уровень роботизации в российской экономике и представлен обзор литературы об эффектах роботизации на производительность. Во втором — сформулированы и обоснованы гипотезы исследования. В третьем — приведены методология и данные исследования. В четвертом — содержатся результаты эконометрического анализа. В пятом разделе продемонстрированы выводы исследования. В заключении обсуждаются полученные результаты и следствия для российской промышленной политики.

## **РОБОТИЗАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В РОССИИ: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

Российская экономика после мирового кризиса 2008–2009 гг. находится под давлением низких темпов экономического роста, вызванных хроническими структурными проблемами, слабостью рыночной среды, ограниченной интеграцией в глобальные цепочки создания стоимости, падением совокупной факторной производительности и стагнацией драйверов ее роста [Voskoboynikov, 2017; Симачев и др., 2021], низкой инвестиционной и инновационной активностью наряду с низким уровнем предпринимательской активности [Кудрин, Гурвич, 2014], недостаточным влиянием человеческого капитала на структурные преобразования в экономике [Любимов, 2017].

Отставание в уровне производительности труда и низкие темпы экономического роста в российской экономике сочетаются с низкой плотностью роботизации промышленного сектора. Причем если другим постсоветским экономикам удает-

ся демонстрировать догоняющий рост роботизации, то в России этого не происходит. Так, по данным Statista<sup>1</sup>, в российской промышленности в 2018 г. использовалось три промышленных робота на 10 тыс. занятых, а в 2020 г. — пять. Для сравнения: в Польше произошел рост с 42 до 52 роботов на 10 тыс. занятых, в Венгрии — с 84 до 120, в Чехии — с 135 до 162. На рисунке показана роботизация и добавленная стоимость в промышленном секторе в 2019 г. на 1 занятого в странах мира.

В российских исследованиях часто отмечается значительное отставание нашей страны по уровню роботизации [Комков, Бондарева, 2016; Бабкин и др., 2019; Ермолов, 2019; Гурлев, 2020]. Показано, что российский рынок робототехники опережал темпы роста внутренних инвестиций в основной капитал только в условиях высоких темпов роста российской экономики 2000-х гг., а затем существенно замедлился и находится под существенным влиянием валютных шоков, поскольку отечественное производство роботов составляет лишь небольшую долю рынка [Симачев и др., 2022]. Подчеркивается, что более 80% отечественного рынка робототехники занимают два зарубежных производителя KUKA, FANUC, а всего на российском рынке представлено свыше 20 иностранных предприятия в отрасли [Бабкин и др., 2019]. По данным Национальной ассоциации участников рынка робототехники, по итогам 2019 г. доля отечественных предприятий на рынке достигла 4,8% от общего количества проданных роботов<sup>2</sup>.

Последнее обстоятельство оправдывает предложенный в статье подход к оценке эффектов от робототехники на данных по

<sup>1</sup> Statista. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.statista.com/> (дата обращения: 10.02.2023).

<sup>2</sup> Delovoy Profil. [Электронный ресурс]. URL: <https://delprof.ru/press-center/open-analytics/ispolzovanie-promyshlennykh-robotov-obzor-rynka-robototekhniki-v-rossii-i-mire/> (дата обращения: 15.03.2023).

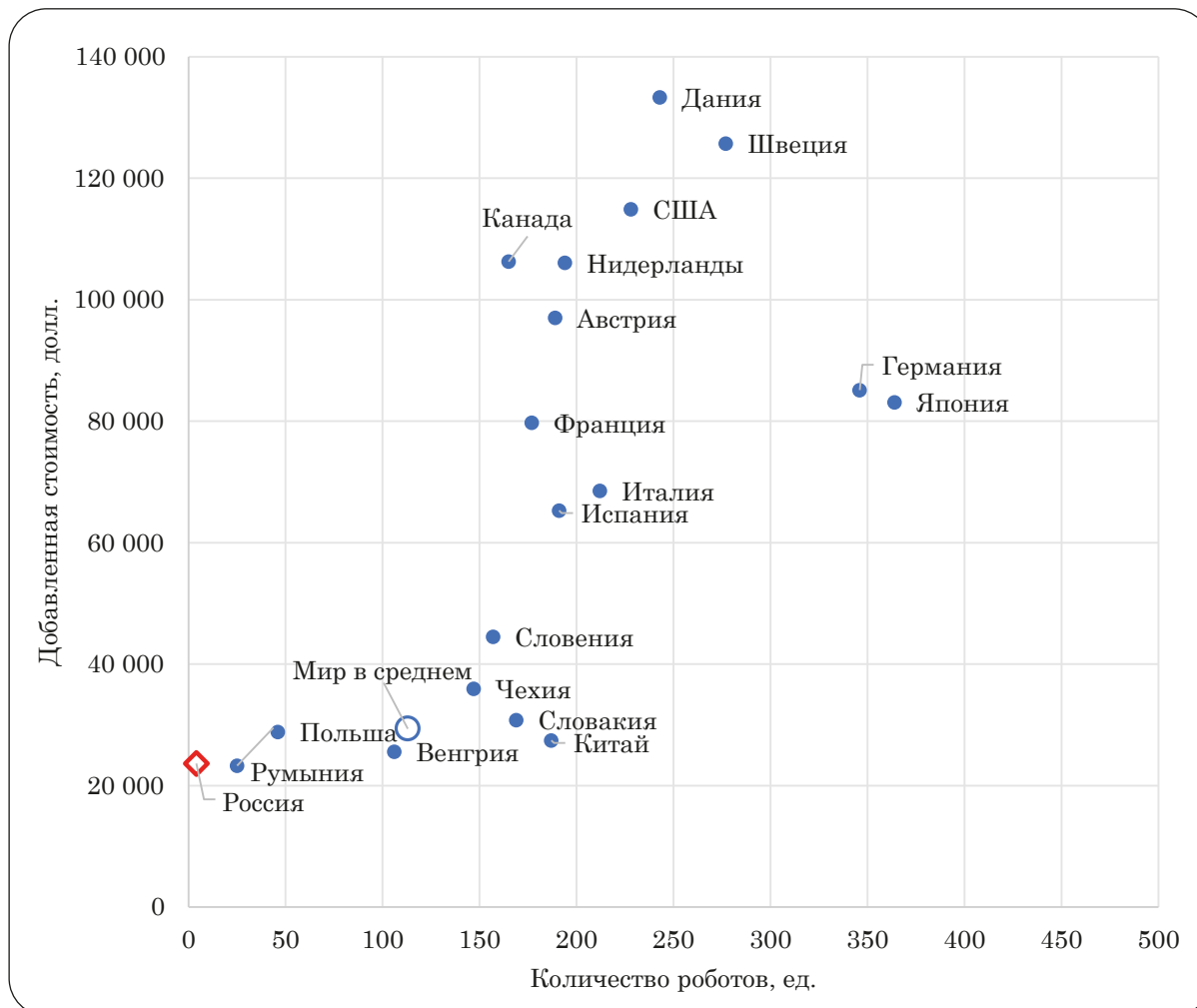


Рисунок. Роботизация и добавленная стоимость в промышленном секторе в странах мира на 1 занятого, 2019 г.

Примечание: показатель добавленной стоимости на 1 занятого в промышленности в 2019 г. скорректирован на изменение цен и использует постоянные цены 2015 г. согласно методике Всемирного банка.

Составлено по: World Bank. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.worldbank.org/en/home> (дата обращения: 10.02.2023).

импортным роботам. Вместе с тем важно отметить, что структура российского рынка робототехники, вероятно, в ближайшие годы будет меняться: на фоне антироссийских санкций 2022 г. сохраняется неопределенность в отношении присутствия на российском рынке зарубежных производителей роботов. Данное обстоятельство учитывается нами и обсуждается в заключительном разделе статьи.

В современных эмпирических работах отсутствует однозначное мнение о том, как и в каком случае роботизация оказывает влияние на производительность. В [Koch, Manuylov, Smolka, 2019; Cette, Devillard, Spiezia, 2021; Cette, Devillard, Spiezia, 2022] показано, что внедрение промышленных роботов является важным источником роста производительности, особенно на начальных этапах роботизации.

Например, вклад роботов в рост экономики был самым большим в Германии в 1996–2005 гг., в Японии — в 1976–1995 гг., в странах Восточной Европы — начиная с 2000-х гг. В [Stiebale, Suedekum, Woessner, 2020] отмечается, что роботизация непропорционально увеличивает производительность в тех компаниях, которые уже изначально являются наиболее производительными [Stiebale, Suedekum, Woessner, 2020].

В эмпирической литературе можно найти несколько объяснений, почему эффекты от роботизации на рост производительности могут различаться. С одной стороны, оценки могут недоучитывать рост производительности, связанный с креативным разрушением (creative destruction), когда в результате инновационной деятельности появляются новые продукты, предлагающие более высокое качество и полезность для потребителей [Aghion et al., 2019]. С другой стороны, в ряде случаев оценки производительности могут быть переоценены вследствие ценовых искажений на онлайн- и офлайн-рынках [Goolsbee, Klenow, 2018], наличия рыночной власти производителей, вмешательства государства в ценообразование на рынках, а также шоков спроса [Syverson, 2011].

Таким образом, результаты настоящей работы будут существенно дополнять имеющиеся представления об эффектах внедрения промышленных роботов на примере отстающей по внедрению роботов и по уровню производительности труда экономики России.

## ГИПОТЕЗЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

С учетом рассмотренных исследований можно предположить, что импорт промышленных роботов будет оказывать положительный эффект на производительность предприятий, поскольку российская экономика в целом находится на начальном этапе роботизации, при этом эффекты искажения динамики производительности

менее вероятны в рассматриваемых отраслях обрабатывающей промышленности (чем, например, в отраслях, где возможно формирование монополий).

На этой основе можно сформулировать первую гипотезу исследования.

*Гипотеза H1. Импорт роботов увеличивает производительность на предприятиях российской обрабатывающей промышленности.*

Поскольку в работах отмечается неоднородность эффектов для производительности от импорта роботов между странами, следует предположить, что и внутри национальных экономик эффекты от импорта роботов будут отличаться. В частности, различия должны наблюдаться в эффектах для предприятий с низким и высоким уровнем производительности. Представляется, что интерес вызывает оценка эффектов для предприятий-экспортеров и предприятий с наличием иностранного капитала, которые, как правило, оказываются предприятиями с высоким уровнем производительности.

В настоящее время имеется достаточно исследований, посвященных превосходству как по уровню производительности у предприятий-экспортеров относительно фирм-неэкспортеров, так и по производительности предприятий с иностранным капиталом относительно фирм-экспортеров. Эта литература основывается на теоретической работе [Helpman, Melitz, Yeaple, 2004] и имеет большое количество эмпирических подтверждений, обзор которых остается за рамками данной статьи. Тем не менее важно подчеркнуть, что применительно к российской экономике более высокий уровень производительности компаний-экспортеров и компаний с иностранным капиталом отмечен в [Архипова, Александрова, 2014; Кадочников, Федюнина, 2017; Кузык, Симачев, Федюнина, 2020; Xu, Liu, Abdoh, 2022; Yudaeva et al., 2003].

Интерес к оценке эффектов роста производительности для предприятий-экспортеров объясняется тем, что, с одной стороны, они уже являются участниками

внешнеэкономической деятельности и часто наряду с экспортом осуществляют прямой импорт. При этом импорт для отечественных экспортеров, как правило, обеспечивает более высокое качество продукции, а также ее более высокую инновационность [Федюнина, Аверьянова, 2018; Fedyunina, Averyanova, 2019]. Рассматривая взаимосвязь между внедрением промышленных роботов и международной торговлей, авторы работы [Artuc, Bastos, Rijkers, 2020] показывают, что роботизация промышленности развитых стран приводит к увеличению объемов экспорта конечных и промежуточных товаров в развивающиеся страны и расширению импорта полуфабрикатов.

Таким образом, роботы помогают улучшить качество экспортируемой продукции, тем самым повышая производительность предприятий и снижая затраты на рабочую силу [DeStefano, Timmis, 2021]. Как следствие, повышение числа роботов на предприятии способствует увеличению доли доходов, получаемых от экспорта [Alguacil, Lo Turco, Martínez-Zarzoso, 2020].

В исследовании выдвигается вторая гипотеза.

*Гипотеза Н2. Импорт роботов увеличивает производительность на предприятиях-экспортерах в российской обрабатывающей промышленности.*

Хотя эмпирических свидетельств о взаимосвязи роботизации и присутствия иностранного капитала существенно меньше, указывается, что роль иностранного капитала в роботизации может различаться в зависимости от специфики ориентации входящих прямых иностранных инвестиций, которая, в свою очередь, определяется уровнем развития в принимающей экономике сетей субподряда и реализацией промышленной политики, ориентированной на распространение и внедрение передовых производственных технологий [Anzolin, Andreoni, Zanfei, 2020].

Учитывая особенности и мотивы прямых иностранных инвестиций в отечественную экономику [Gurkov et al., 2020;

Gonchar, Marek, 2014], следует предположить, что в российской обрабатывающей промышленности может иметь место накопление роботов у компаний с иностранным капиталом. В результате они могут еще больше превзойти по уровню производительности отечественные предприятия, что приведет, в частности, к наблюдаемым отрицательным эффектам и вытеснению отечественных предприятий с рынка [Драпкин, Лукьянов, 2019; Драпкин, Лукьянов, Бокова, 2020].

Это позволяет выдвинуть третью гипотезу исследования.

*Гипотеза Н3. Импорт роботов увеличивает производительность на предприятиях с иностранным капиталом в российской обрабатывающей промышленности.*

## МЕТОДОЛОГИЯ И ДАННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

### Методика эмпирического исследования

В целях настоящего исследования будет использована следующая эконометрическая модель:

$$\begin{aligned} \text{Производительность}_{i,t} &= \\ &= \alpha + \beta_1 \text{Импорт роботов}_{i,t-k} + \\ &+ \beta_2 X_{i,t} + \gamma_1 Z_{i,t} + \varepsilon_{i,t}, \end{aligned} \quad (1)$$

где Производительность<sub>*i,t*</sub> — оценка производительности для компании *i* в момент времени *t*; *X*<sub>*i,t*</sub> — набор независимых объясняющих переменных;

Импорт роботов<sub>*i,t-k*</sub> — дамми-переменная, отражающая наличие эпизода импорта роботов в момент времени *t-k*; *Z*<sub>*i,t*</sub> — набор контрольных переменных на уровне фирмы.

Для того чтобы учесть отраслевую специфику, все оцениваемые нами модели содержат набор дамми-переменных на уровне двух знаков кодов ОКВЭД. Использование лагов для наличия эпизода

импорта роботов позволит избежать проблемы одновременности в уравнении и снизить вероятность обратной причинно-следственной связи.

Производительность в исследовании измеряется с использованием двух показателей — совокупной факторной производительности (СФП) и выручки на 1 занятого. Для расчета совокупной факторной производительности применен классический подход [Levinsohn, Petrin, 2003] через стандартную функцию Кобба–Дугласа, что описано в [Van Beveren, 2012], так как это наиболее распространенный и подходящий метод расчета с учетом доступных данных. Согласно подходу, СФП будет оценена как функция от капитала, труда, материалов и переменной, собирающей кумулятивный эффект от взаимодействия этих трех перечисленных переменных, который добавляет стоимость к общему объему выпуска.

Следуя принятой международной практике и с учетом ограниченности доступных данных, в настоящей работе аппроксимируются материалы переменной себестоимости продукции<sup>3</sup>. Использование пере-

<sup>3</sup> Согласно [Levinsohn, Petrin, 2003], применение материалов для оценки СФП обусловлено тем, что в ряде случаев численность трудовых ресурсов и уровень производительности определяются на предприятии одновременно. Как следствие, это приводит к эндогенности и смещению оценки СФП. Авторы утверждают, что промежуточные материалы и полуфабрикаты более гладко реагируют на шоки производительности, а это позволяет использовать их в качестве инструментальной переменной. Данный подход, в частности, был обоснован в качестве более универсального, чем предыдущий подход [Olley, Pakes, 1996], в котором для решения проблем эндогенности было предложено задействовать инвестиции, поскольку не все предприятия осуществляют инвестиции, что приводило к существенному сокращению выборки. В более современных подходах к оценке СФП расходы на материалы дополняют и/или заменяют расходами на квалифицированный и неквалифицированный труд, энергоресурсы и другие переменные типы расходов. В этой связи представляется обоснованным использование переменной себестоимости произ-

менной выручки на 1 занятого как прокси-производительности довольно распространено в эмпирической практике<sup>4</sup>. В [Bonfiglioli et al., 2020] оцениваются эффекты от импорта роботов на производительность предприятий Франции и в качестве прокси-производительности также применена переменная выпуска на 1 занятого. Авторы объясняют это тем, что традиционные оценки СФП предполагают постоянство эластичности затрат по объему производства для всех предприятий. Однако в действительности это не так, причем задействование удельного выпуска (как функции, включающей компоненту цен) позволяет учитывать, каким образом выгоды от автоматизации передаются потребителям.

Вместе с тем в [Beugelsdijk, Klasing, Milionis, 2018] показано, что существенная часть между- и внутристрановых различий в уровне выпуска на 1 занятого объясняется различиями в СФП. Это дополнительно позволяет полагать, что переменная выпуска на 1 занятого и СФП в значимой степени коррелированы и могут служить прокси для производительности предприятий. Для расчета СФП и производительности труда выручка приведена к реальной с использованием индекса цен производителей промышленных товаров, согласно данным Росстата<sup>5</sup>. Следуя [Bour-

водства, которая включает в себя разные виды переменных расходов. На наш взгляд, это позволяет, например, улучшить оценку СФП для случая, когда соотношение разных типов переменных расходов в себестоимости сильно различается: во-первых, если одновременно оцениваются предприятия разных отраслей, т.е. капиталоемких, материалоемких и наукоемких производств; во-вторых, когда одновременно оцениваются микро-, малые, средние и крупные предприятия.

<sup>4</sup> См., например, работу, посвященную общим трендам в производительности в мире [Van Arc, 2016], в которой тренды в производительности труда обсуждаются на основе данных о выпуске на 1 занятого.

<sup>5</sup> Росстат. [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 12.03.2023).

nakis, Mallick, 2018], переменные СФП и производительности труда логарифмируются для использования в модели, что позволяет сгладить распределение.

Для проверки устойчивости результатов используется альтернативная спецификация, в которой импорт роботов будет измерен не через дамми-переменную, а с помощью относительной роли импорта роботов в основных средствах предприятия. Это уточнит оценки роли роботов в повышении производительности предприятий, поскольку позволит оценить интенсивность роботизации предприятия:

$$\begin{aligned} \text{Интенсивность импорта роботов (1)} &= \\ &= \frac{\sum \text{Импорт роботов}}{\text{Основные средства}_{2018}}, \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{Интенсивность импорта роботов (2)} &= \\ &= \frac{\sum \text{Импорт роботов}}{\text{Основные средства}_{2018} - \text{Основные средства}_{2014}}. \end{aligned} \quad (3)$$

Эмпирическая оценка уравнения (1) произведена посредством стандартной процедуры панельной регрессии, а выбор между моделями с фиксированными и случайными оценками обоснован результатами теста Хаусмана. Оценка альтернативной спецификации для проверки устойчивости результатов строится методом наименьших квадратов, поскольку специфика расчета альтернативной переменной импорта роботов не позволяет применять панельные данные и определяет переход к модели с кросс-секционными данными.

## Данные и описательная статистика

В целях эмпирического анализа нами создана база данных, в основе которой лежит информация из базы Ruslana Bureau Van Dijk<sup>6</sup> о действующих предприятиях в российском обрабатывающем комплексе, дополненная сведениями об экспортно-им-

<sup>6</sup> Ruslana Bureau Van Dijk. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.bvdinfo.com/ru-ru/our-products/data/national/ruslana> (дата обращения: 05.04.2022).

портной деятельности предприятий в соответствии с данными ФТС РФ<sup>7</sup>. Итоговая база данных содержит информацию о 81 794 предприятиях в российской обрабатывающей промышленности в 2011–2018 гг., которые в 2018 г. вели хозяйственную деятельность и имели выручку не менее 10 млн руб.

Перечень показателей базы данных включает информацию о выручке, основных средствах, себестоимости продаж, численности занятых, отраслевой и региональной принадлежности предприятия, а также о годе основания и структуре собственности. Использование данных об экспортно-импортной деятельности позволило оценить совокупный объем экспорта предприятий, а также годовой и накопленный объем импорта промышленных роботов. Рассматриваемый период выбран таким образом, что включает этап развития российской экономики после мирового кризиса 2008–2009 гг. и опирается на самые последние доступные данные, ограниченные 2018 г.

Необходимо отметить, что в результате анализа удалось выявить только 295 предприятий в российской обрабатывающей промышленности, которые в 2011–2018 гг. импортировали промышленных роботов<sup>8</sup>. На первый взгляд, это относительно небольшое число предприятий. Однако важно понимать, что это предприятия, которые являются прямыми импортерами промышленных роботов.

Таким образом, в рамках анализа не рассматриваются те предприятия, которые приобретают роботов, ввезенных в Россию через посредников. По оценкам Euromon-

<sup>7</sup> ФТС РФ. [Электронный ресурс]. URL: <https://customs.gov.ru/> (дата обращения: 19.03.2022).

<sup>8</sup> Выявленные предприятия-импортеры составляют только 0,3% нашей выборки, однако важно отметить, что и в развитых странах доля компаний — прямых импортеров роботов остается незначительной и достигает, например, менее 2% во Франции и Германии [Acemoglu, Lelarge, Restrepo, 2020; Deng, Plümpe, Stegmaier, 2021].



Таблица 1

## Описание переменных исследования

Переменная	Описание	Источник
Основные средства	Основные средства предприятия в отчетном периоде, млн руб.	Ruslana Bureau Van Dijk
Себестоимость	Себестоимость продаж в отчетном периоде, млн руб.	Ruslana Bureau Van Dijk
Численность занятых	Среднесписочная численность занятых в отчетном периоде, человек	Ruslana Bureau Van Dijk
Выручка	Выручка предприятия в отчетном периоде, млн руб.	Ruslana Bureau Van Dijk
Размер предприятия: • микро, • малые, • средние, • крупные	Размер предприятия определен в соответствии со среднесписочной численностью занятых в последнем отчетном периоде, соответственно определены дамми: микропредприятия (<15 занятых) — базовая переменная; малые (15–100); средние (101–250); крупные (>250 занятых)	Ruslana Bureau Van Dijk*
Экспортер	Экспорт составляет не менее 10% валовой выручки предприятия, дамми	Ruslana Bureau Van Dijk*
Иностранная собственность	Иностранные физические/юридические лица владеют более 10% компании, дамми	Ruslana Bureau Van Dijk*
Возраст (период основания предприятия): 1922–1991 1992–1998 1999–2010 2011–2016	По возрасту предприятия разделены на категории с использованием дамми-переменных	Ruslana Bureau Van Dijk*
Производительность труда, логарифм	Производительность труда	Ruslana Bureau Van Dijk*
СФП, логарифм	Совокупная факторная производительность, логарифм	Ruslana Bureau Van Dijk*
Импорт роботов, дамми	Накопленная стоимость импорта роботов в 2010–2018 гг., млн руб.	ФТС РФ*

Примечание: \* — рассчитано авторами.

itor International<sup>9</sup>, объем рынка промышленной робототехники в России в 2018 г. составил 140 млн долл. Учитывая, что оцениваемый нами объем прямого импорта роботов достиг в 2018 г. сумму в размере 13,4 млн долл., следует заключить, что представленный анализ основан на

<sup>9</sup> Euromonitor International. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.euromonitor.com/> (дата обращения: 10.03.2023).

данных предприятий, покупки роботов которых в совокупности равны 9,6% объема всего рынка. В среднем за указанный период, по нашим оценкам, с учетом данных Euromonitor International, прямой импорт предприятиями обрабатывающих отраслей составил 8,4% валового российского рынка промышленных роботов, прямой импорт предприятиями всех отрас-

Таблица 2

## Описательная статистика переменных

Переменная	Категория предприятия	Число наблюдений	Среднее значение	Стандартное отклонение	Минимальное значение	Максимальное значение
Основные средства	Неимпортеры роботов	329 267	299,3	5176,0	0	683 700
	Импортеры роботов	1438	6773,3	26 779,4	0	281 200
Себестоимость	Неимпортеры роботов	272 021	513,5	4340,4	0	392 000
	Импортеры роботов	1291	11 572,6	33 799,0	0,2	309 700
Численность занятых	Неимпортеры роботов	431 049	100,1	547,0	1	42 196
	Импортеры роботов	1462	1190,7	4678,4	1	74 452
Выручка	Неимпортеры роботов	416 060	444,1	4694,4	0	493 800
	Импортеры роботов	1406	12 954,1	39 195,2	0,2	458 200
Экспортер	Неимпортеры роботов	360 236	0,0	0,2	0	1
	Импортеры роботов	1114	0,2	0,4	0	1
Иностранная собственность	Неимпортеры роботов	597 912	0,0	0,2	0	1
	Импортеры роботов	1664	0,4	0,5	0	1
Производительность труда, логарифм	Неимпортеры роботов	413 908	7,6	1,3	0,0	16,4
	Импортеры роботов	1404	8,5	1,3	1,0	13,9
СФП, логарифм	Неимпортеры роботов	223 579	0,7	0,2	0,4	1,2
	Импортеры роботов	1280	0,7	0,2	0,4	1,2
Импорт роботов, дамми	Импортеры роботов	1712	19,9	53,3	0,0	541,6

*Примечание:* переменная СФП рассчитана авторами по методу [Levinsohn, Petrin, 2003]. В ходе эконометрического моделирования были получены следующие коэффициенты эластичности для факторов: эластичность труда — 0,056, эластичность капитала — 0,02, эластичность прочих факторов производства — 0,913. Сумма эластичностей факторов производства (как индикатор отдачи от масштаба производства) близка к 1, значит, фирмы действуют в условиях, близких к постоянной отдаче от масштаба. Это соответствует оценкам, полученным в [Francis et al., 2020].

лей — порядка 20,6% валового объема российского рынка.

Согласно нашим оценкам, в 2011–2018 гг. предприятия в российских обрабатывающих отраслях импортировали промышленных роботов на сумму около 102 млн долл. При этом импорт для каждого предприятия в отдельности имеет эпизодический характер и наблюдается чаще всего не более 3–4 раз в рассматриваемом периоде. В среднем за период ежегодно только 40 предприятий обрабатывающих отраслей импортируют роботов. Среди предприятий, которые являются лидерами по импорту робототехники, выделяются: Ford Sollers — доля в общем объеме импорта 10,8%, Volkswagen — 10, Orion — 7,7, Renault — 4,4, Nokian Tyres — 3,7%.

В целом полученные результаты соответствуют международным наблюдениям об интенсивности использования робототехники в отраслях, поэтому среди предприятий-лидеров находятся предприятия автомобилестроения — отрасли, которую

часто относят к лидерам по автоматизации производств. Вместе с тем, например, российский ведущий производитель в отрасли «АвтоВАЗ» существенно отстает по объемам импорта робототехники, его импорт в 2011–2018 гг. составил 1,8% валового импорта робототехники в Россию, что гораздо ниже уровня зарубежных предприятий-конкурентов, работающих в России.

Определения и источники данных для используемых переменных представлены в табл. 1. Описательная статистика переменных приведена в табл. 2.

Согласно табл. 2, предприятия — импортеры роботов в среднем крупнее и имеют более высокую производительность труда. Предварительные оценки позволяют выявить также другие отличия среди предприятий-импортеров и неимпортеров. Как представлено в табл. 3, среди предприятий-импортеров значительно больше тех, кто имеет иностранную собственность (38 против 2% у предприятий-неимпортеров), экспортирует (13 против 3%). Кроме того, среди предприятий — импортеров

Таблица 3

### Структурные особенности импортеров и неимпортеров промышленных роботов, %

Переменная	Импортеры роботов	Неимпортеры роботов
Экспортеры (доля экспорта в выручке >10%)	13	3
Иностранная собственность (>10%)	38	2
Предприятия:		
• микро	11	53
• малые	25	36
• средние	19	6
• крупные	37	5
Возраст (период основания предприятия):		
1922–1991	7	3
1992–1998	19	11
1999–2010	54	35
2011–2016	20	52
Процент от общей выборки	0,4	99,6

робототехники больше средних и крупных предприятий, а также они чаще основаны в постсоветский период, однако не относятся к наиболее молодым предприятиям.

Поскольку подвыборка предприятий — импортеров роботов в существенной степени неоднородна и смещена в сторону крупного бизнеса, выборка также разделена на две подвыборки, причем эффекты от импорта оцениваются отдельно для субъектов малого и среднего предпринимательства (МСП) и крупного бизнеса. Это важно еще и потому, что эксперты часто ставят под сомнение наличие эффектов от роботизации на крупных предприятиях, поскольку автоматизация труда на них может не приводить к сокращению численности персонала в случае, если они находятся под давлением со стороны регуляторов и/или корпоративной социальной политики и не имеют возможности сокращать персонал.

В целом выявленные наблюдения о различиях предприятий импортеров и неимпортеров робототехники могут быть объяснены выбранным подходом к анализу. Поскольку в группу предприятий, внедряющих импортных роботов, включены только предприятия — прямые импортеры, то они, как правило, крупнее по размеру и чаще более производительны и интернационализированы по сравнению с предприятиями-неимпортерами. Как следствие, контроль за этими параметрами представляется особенно важным при проведении эконометрического оценивания, чтобы избежать смещения оцениваемых параметров.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКОНОМЕТРИЧЕСКОГО ОЦЕНИВАНИЯ

В начале эконометрической части исследования базовая модель была оценена с использованием фиксированных и случайных эффектов, а также проводился тест Хаусмана для выбора наилучшей

модели. Результаты теста свидетельствуют о том, что модель со случайными эффектами предпочтительнее, ее результаты представлены в табл. 4.

Согласно полученным результатам, импорт промышленных роботов положительно и статистически значимо влияет на совокупную факторную производительность и производительность труда<sup>10</sup>. Импорт роботов связан с ростом СФП в будущем году на 3,6–4,4%, производительности труда — на 48,5–54%. Это позволяет подтвердить гипотезу *H1* о влиянии импорта роботов на производительность предприятий в российской обрабатывающей промышленности.

Спецификации (2) и (6) содержат результаты кросс-произведения статуса экспортера и импортера роботов, а спецификации (3) и (6) — результаты кросс-произведения статуса предприятия с иностранными инвестициями и импортера роботов, что дает возможность проверить гипотезы *H2* и *H3* исследования.

Во-первых, предприятия-экспортеры имеют более высокую СФП и производительность труда, что хорошо согласуется с накопленными к настоящему времени результатами о премии за экспорт. Однако импорт роботов предприятиями-экспортерами не создает дополнительного приращения производительности — коэффициент при соответствующем кросс-произведении в спецификациях (2) и (5) статистически незначим.

Во-вторых, предприятия с иностранной собственностью обладают более высокой производительностью в измерении как СФП, так и производительности труда,

<sup>10</sup> Для того чтобы дополнительно проверить устойчивость результатов, также были построены модели, в которых использовались лаговые значения  $(t+3)$  и  $(t+5)$  импорта роботов. Во всех моделях коэффициенты сохранили положительный знак и статистическую значимость, при этом величина эффекта убывает вместе с увеличением лага. В целях ограничений рамок статьи данные результаты не приводятся, однако могут быть предоставлены по запросу.

Таблица 4

**Влияние импорта роботов на производительность предприятий:  
панельная оценка со случайными эффектами**

Переменная	Зависимая переменная					
	СФП, логарифм			Производительность труда, логарифм		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Импорт роботов ( $t - 1$ )	0,0360*** (0,0141)	0,0360*** (0,0144)	0,0436*** (0,0150)	0,518*** (0,0911)	0,540*** (0,0988)	0,485*** (0,115)
Крупное предприятие	0,0236*** (0,00268)	0,0236*** (0,00268)	0,0237*** (0,00268)	0,445*** (0,0160)	0,445*** (0,0160)	0,445*** (0,0160)
Возраст (период основания предприятия):						
1992–1998	0,00181 (0,00526)	0,00181 (0,00526)	0,00183 (0,00526)	0,0209 (0,0222)	0,0209 (0,0222)	0,0208 (0,0222)
1999–2010	0,0303*** (0,00482)	0,0303*** (0,00482)	0,0303*** (0,00482)	0,297*** (0,0209)	0,297*** (0,0209)	0,297*** (0,0209)
2011–2016	0,0509*** (0,00488)	0,0509*** (0,00488)	0,0509*** (0,00488)	0,633*** (0,0209)	0,633*** (0,0209)	0,633*** (0,0209)
Экспортер	0,0166*** (0,00306)	0,0166*** (0,00307)	0,0166*** (0,00306)	0,206*** (0,0184)	0,208*** (0,0184)	0,206*** (0,0184)
(Экспортер · Импорт роботов)	–	0,000074 (0,0173)	–	–	0,172 (0,162)	–
Иностранная собственность	0,0804*** (0,00503)	0,0804*** (0,00503)	0,0810*** (0,00507)	0,695*** (0,0269)	0,696*** (0,0269)	0,693*** (0,0271)
(Иностранная собственность · Импорт роботов)	–	–	–0,0233 (0,0222)	–	–	0,0867 (0,148)
Константа	0,669*** (0,00511)	0,669*** (0,00511)	0,669*** (0,00511)	7,314*** (0,0230)	7,314*** (0,0230)	7,314*** (0,0230)
Отраслевые дамми	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Число наблюдений	113 716	113 716	113 716	208 117	208 117	208 117
$R^2$	0,06	0,06	0,06	0,10	0,10	0,10
Число предприятий	35,132	35,132	35,132	62,834	62,834	62,834

*Примечания:* в скобках указаны робастные стандартные ошибки; \*\*\* — значимость при 1%-м уровне; прочерки обозначают, что данная переменная не используется в соответствующей спецификации, поэтому для нее отсутствует коэффициент.

что также соответствует выводам междунаrodnых исследований о преимуществе иностранных инвесторов в передовых технологиях, накопленных знаниях и компетенциях. Вместе с тем обнаружено, что предприятия с иностранной собственностью,

которые импортируют промышленных роботов, не обладают дополнительным преимуществом в уровне производительности — коэффициент при соответствующем кросс-произведении в спецификациях (3) и (6) статистически незначим. Вы-

Таблица 5

**Влияние импорта роботов на производительность предприятий субъектов МСП и крупных предприятий: панельная оценка со случайными эффектами**

Переменная	Зависимая переменная			
	СФП, логарифм		Производительность труда, логарифм	
	МСП	Крупные	МСП	Крупные
Импорт роботов ( $t - 1$ )	0,0409** (0,0200)	0,0281* (0,0146)	0,547*** (0,124)	0,445*** (0,0898)
Возраст (период основания предприятия):				
1992–1998	0,00555 (0,00612)	–0,00291 (0,00953)	0,00568 (0,0249)	0,111** (0,0493)
1999–2010	0,0343*** (0,00566)	0,0248*** (0,00847)	0,271*** (0,0234)	0,512*** (0,0461)
2011–2016	0,0570*** (0,00569)	0,0211** (0,00926)	0,623*** (0,0234)	0,575*** (0,0504)
Экспортер	0,0156*** (0,00355)	0,0183*** (0,00603)	0,231*** (0,0206)	0,0581 (0,0408)
Иностранная собственность	0,0715*** (0,00583)	0,100*** (0,00920)	0,669*** (0,0309)	0,689*** (0,0539)
Константа	0,661*** (0,00593)	0,728*** (0,00852)	7,304*** (0,0254)	7,919*** (0,0504)
Отраслевые дампы	Да	Да	Да	Да
Число наблюдений	97 473	16 243	189 078	19 039
$R^2$	0,06	0,06	0,09	0,14
Число предприятий	31 920	3 771	59 196	4 355

*Примечания:* в скобках указаны робастные стандартные ошибки; \*\*, \*\*\* — значимость при 5%-м и 1%-м уровнях соответственно.

воды о незначимости кросс-произведений не позволяют подтвердить выдвинутые гипотезы  $H2$  и  $H3$  исследования.

Полученные результаты оценки контрольных переменных в модели соответствуют имеющимся представлениям о факторах производительности предприятий. Так, выявлено, что крупные предприятия обладают более высоким уровнем производительности труда по сравнению с субъектами малого и среднего предпринимательства. Кроме того, предприятия, созданные начиная с 2000-х гг., превосходят по производительности более старые предприятия советского времени, а также

периода структурной трансформации 1990-х гг.

Для того чтобы уточнить эффекты от импорта роботов для малых, средних и крупных предприятий, выборка разделена на две подвыборки, которые оцениваются также с использованием панельной оценки со случайными эффектами (табл. 5).

Приведенные результаты соответствуют предыдущим. Подтверждается наличие положительного статистически значимого влияния импорта роботов на СФП и производительность труда для субъектов как МСП, так и крупных предприятий. Со-

Таблица 6

**Влияние интенсивности импорта роботов на совокупную факторную  
производительность: метод наименьших квадратов**

Переменная	Зависимая переменная	
	СФП, логарифм	
Интенсивность импорта роботов (1)	0,128*** (0,0116)	–
Интенсивность импорта роботов (2)	–	0,274*** (0,0631)
Крупное предприятие	0,0277*** (0,00339)	0,0277*** (0,00339)
Возраст (период основания предприятия):		
1992–1998	0,00642 (0,00603)	0,00643 (0,00603)
1999–2010	0,0411*** (0,00555)	0,0411*** (0,00555)
2011–2016	0,0665*** (0,00561)	0,0665*** (0,00561)
Экспортер	0,0468*** (0,00604)	0,0468*** (0,00604)
Иностранная собственность	0,0821*** (0,00559)	0,0821*** (0,00559)
Константа	0,651*** (0,00588)	0,651*** (0,00588)
Отраслевые дамми	Да	Да
Число наблюдений	30 011	30 011
$R^2$	0,06	0,06

*Примечания:* в скобках указаны робастные стандартные ошибки; \*\*\* — значимость при 1%-м уровне; прочерки обозначают, что данная переменная не используется в соответствующей спецификации, поэтому для нее отсутствует коэффициент.

гласно данным, при прочих равных импорт роботов способствует росту СФП на малых и средних предприятиях на 4,1%, на крупных предприятиях — на 2,8%, росту производительности труда на малых и средних предприятиях — на 54,7%, на крупных предприятиях — на 44,5%. Отметим, что импорт роботов способствует большему росту производительности для субъектов МСП, что имеет важные следствия для экономической политики, определяя значительную целесообразность

поддержки автоматизации малых и средних предприятий, которые, в свою очередь, обычно отстают в уровне производительности труда от крупного бизнеса.

Для того чтобы уточнить эффекты влияния от импорта роботов на производительность, дамми-переменная эпизода импорта заменена на величину, отражающую интенсивность роботизации, как было описано в третьем разделе статьи. Результаты представлены в табл. 6.

Использование переменной, отражающей эпизод и интенсивность импорта роботов, подтверждает полученные ранее результаты. Обе переменные интенсивности импорта роботов положительно и статистически значимо влияют на уровень совокупной факторной производительности предприятия. При этом контрольные объясняющие переменные также сохранили свой знак и статистическую значимость.

## ВЫВОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящем исследовании обсуждается влияние прямого импорта промышленных роботов на предприятиях в российских отраслях обрабатывающей промышленности и оценивается его воздействие на увеличение производительности труда. Использование данных по импорту роботов обусловлено тем, что импортные роботы составляли до 96% совокупного российского рынка. Обнаружено, что прямой импорт роботов предприятиями обрабатывающей промышленности не превышает 9% от объема российского рынка, при этом в нем участвует ограниченное число предприятий — менее 1%. Тем не менее возможность связывать период импорта роботов, а также оценивать их стоимость относительно имеющихся основных средств предприятия-импортера в совокупности создает уникальную основу для проведения эмпирического исследования и оценки эффектов от внедрения промышленных роботов на производительность.

В ходе анализа выявлены положительные эффекты для совокупной факторной производительности и производительности труда на предприятиях российского обрабатывающего комплекса при контроле за широким набором параметров, включая возраст, размер предприятия, отраслевую принадлежность, экспортную ориентацию и наличие иностранного капитала в структуре собственности. В исследовании не обнаружено подтверждения выдвинутой

*гипотезы НЗ* о том, что интернационализованные предприятия, т.е. предприятия-экспортеры и предприятия с иностранным капиталом при импорте роботов, все более опережают по уровню производительности неинтернационализованные предприятия.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные в исследовании результаты чрезвычайно важны для наблюдений о характере роботизации в российской экономике и вызванной ею динамике производительности.

Во-первых, в экспертной среде можно встретить мнение о том, что роботизация в российском контексте не всегда направлена на повышение производительности труда, поскольку она может привести к сокращению рабочих мест, в то время как компании (особенно крупные, которые, впрочем, и являются чаще всего приобретателями роботов) находятся под давлением со стороны государства и не сокращают рабочие места. Однако приведенные результаты не подтверждают это мнение. Напротив, показано, что импорт роботов оказывает положительное влияние на производительность субъектов как МСП, так и крупных предприятий.

Во-вторых, исследователи высказывают точку зрения о том, что деятельность иностранных предприятий в российской экономике способствует усилению различий в уровне производительности труда внутри отраслей. Однако представленные результаты косвенно позволяют показать, что дальнейшая технологическая модернизация предприятий с иностранным капиталом не приводит к их отрыву от отечественных предприятий в уровне производительности. Кроме того, видно, что размер премии (прироста) для производительности от импорта робототехники (в измерении как СФП, так и производительности труда) сопоставим с размером премии для производительности от наличия у пред-



приятия иностранного капитала и существенно выше, чем размер премии от производительности у предприятия-экспортера. Значит, внедрение промышленных роботов может рассматриваться как способ относительно быстрого наращивания уровня производительности труда для догоняющих компаний.

Результаты анализа позволяют сформулировать следствия для промышленной политики.

1. Продемонстрировано, что в импорте роботов преобладают крупные предприятия с иностранным капиталом и предприятия-экспортеры, однако премия в производительности от импорта промышленных роботов для неинтернационализированных предприятий сопоставима по размеру с эффектом от экспорта или привлечения иностранного капитала. Это означает, что для технологической модернизации и наращивания производительности недостаточно привлекать иностранные предприятия и стимулировать предприятия выходить на внешние рынки. Для получения полной выгоды от роботизации важно стимулировать отечественные неинтернационализированные предприятия внедрять промышленных роботов.

2. Прямой импорт промышленных роботов составляет небольшую долю совокупного рынка роботов и осуществляется небольшим числом предприятий. Это имеет особое значение в условиях санкционных ограничений, введенных в отношении отечественной экономики в 2022 г., когда ведущие производители робототехники ограничили свое присутствие на российском рынке и для ускорения масштабов роботизации стала необходима поддержка расширения косвенного импорта промышленной робототехники в Россию. Это создало условия, с одной стороны, для стимулирования спроса на продукцию отечественных производителей робототехники, а с другой — для привлечения на российский рынок компаний из различных стран, прежде всего Китая.

Складывается впечатление, что антироссийские санкции 2022 г. выступили позитивным драйвером для расширения отечественного сегмента рынка робототехники. Так, по некоторым оценкам, за 2022 г. производство отечественных роботов выросло более чем на 11% и превысило 1 млрд руб.<sup>11</sup>

В современных условиях приоритетом промышленной политики в отношении рынка робототехники должна стать поддержка отечественного сегмента таким образом, чтобы опустевшие ниши ведущих зарубежных (европейских и японских) производителей были заняты не выходящими в 2022 г. на российский рынок производителями из нейтральных стран (прежде всего Китая, Турции и Индии), а хотя бы частично перераспределились в сторону отечественных производителей. С позиций экономической политики следует стимулировать роботизацию крупных предприятий, поскольку применение роботов является оправданным в первую очередь в крупносерийных производствах с большим числом повторяющихся операций. Кроме того, именно крупные предприятия часто первыми начинают внедрять новые технологии (робототехнику) в большем масштабе (т. е. сразу на разных производственных и организационных процессах), а затем на их примере осуществляется развитие технологий на малых и средних предприятиях. В отраслевом разрезе приоритетное внимание надо уделять автомобилестроению и производству электроники — драйверам роботизации промышленности в мире.

Однако наряду с классической поддержкой крупных предприятий важно обратить внимание на развитие роботизации субъектов малого и среднего предпринимательства, занимающихся нестандартным

<sup>11</sup> Санкт-Петербургские ведомости. Автоматизированные помощники. Как развивается российский рынок робототехники? URL: [https://spb.vedomosti.ru/news/country\\_and\\_world/v-rossii-velichili-kolichestvo-vozrastnykh-kompleksa-gto/](https://spb.vedomosti.ru/news/country_and_world/v-rossii-velichili-kolichestvo-vozrastnykh-kompleksa-gto/) (дата обращения: 14.03.2023).

мелкосерийным производством. Распространение технологий четвертой промышленной революции привело к снижению масштабов бизнеса, при которых внедрение технологий оказывается доступным и возможным. Вместе с ней стал распространяться феномен гибких производств, способных подстраивать производственные процессы под разные запросы потребителей и изменять выпускаемую продукцию. Такие гибкие производства основаны на применении робототехники и часто представлены именно субъектами малого и среднего предпринимательства. Расширение числа гибких производств в обрабатывающих отраслях позволит восполнить пустующие ниши в отечественных цепочках создания стоимости, в том числе будет способствовать процессам импортозамещения и повышения связанности отечественной экономики.

Настоящая работа имеет ограничения. В ходе исследования возникла проблема малого количества наблюдений по предприятиям — прямым импортерам промышленных роботов. В перспективе полученные оценки роста производительности в результате роботизации могут быть уточнены посредством применения метода Propensity Score Matching. Его можно было бы использовать в настоящей статье,

однако он требует детального и осторожного обсуждения факторов, на основе которых выполняется процедура мэтчинга.

Еще одним ограничением, вероятно, является относительно короткий период анализа, используемый в исследовании. Интересно оценить, как меняется производительность предприятия до момента внедрения промышленных роботов (эффект самоотбора) и какова длительность эффектов после их распространения (на горизонте больше пяти лет, если таковые имеются).

Наконец, пожалуй, главным ограничением является использование в выборке роботизированных предприятий — только прямых импортеров роботов, что не позволяет учитывать эффекты роста производительности для предприятий, которые являются косвенными импортерами (т. е. приобретают их у работающих в России представителей иностранных компаний), а также эффекты производительности для предприятий, внедряющих отечественных промышленных роботов. Тем не менее представляется, что настоящая работа поднимает проблематику важности процессов роботизации для производительности отечественных предприятий и обозначенные недостатки могут быть решены в ходе будущих исследований.

## ЛИТЕРАТУРА НА РУССКОМ ЯЗЫКЕ

- Архипова М. Ю., Александрова Е. А. 2014. Исследование характера связи инновационной и экспортной активности российских предприятий. *Прикладная эконометрика* 4 (36): 88–101.
- Бабкин А. В., Буркальцева Д. Д., Хамбазаров Ш. Б., Тюлин А. С. 2019. Анализ рынка робототехники в России: проблемы и перспективы развития в условиях цифровизации. *Экономика и управление* 8 (166): 34–44.
- Гурлев И. В. 2020. Цифровизация экономики России и проблемы роботизации. *Вестник евразийской науки* 12 (4): 36–47.

- Драпкин И. М., Лукьянов С. А. 2019. Внешние эффекты от прямых иностранных инвестиций в российской экономике: результаты эмпирического анализа. *Вопросы экономики* (2): 97–113. <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2019-2-97-113>
- Драпкин И. М., Лукьянов С. А., Бокова А. А. 2020. Влияние прямых иностранных инвестиций на внутренние инвестиции в российской экономике. *Вопросы экономики* (5): 69–85. <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2020-5-69-85>
- Ермолов И. Л. 2019. О роли промышленной робототехники в развитии промышлен-

- ности России. *Инновации* **10** (252): 127–129. <https://doi.org/10.26310/2071-3010.2019.252.10.015>
- Кадочников С.М., Федюнина А.А. 2017. Влияние компаний с иностранными инвестициями на экспортную активность российских фирм: размер имеет значение. *Вопросы экономики* (12): 96–119. <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2017-12-96-119>
- Комков Н.И., Бондарева Н.Н. 2016. Перспективы и условия развития робототехники в России. *Модернизация. Инновации. Развитие* **7** (2): 8–21. <https://doi.org/10.18184/2079-4665.2016.7.2.8.21>
- Кудрин А.Л., Гурвич Е.Т. 2014. Новая модель роста для российской экономики. *Вопросы экономики* (12): 4–36. <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2014-12-4-36>
- Кузык М.Г., Симачев Ю.В., Федюнина А.А. 2020. Специфика участия в международной торговле малых и средних быстрорастущих фирм, возможные следствия для государственной политики. *Журнал Новой экономической ассоциации* **45** (1): 208–218. <https://doi.org/10.31737/2221-2264-2020-45-1-11>
- Любимов И.Л. 2017. От человеческого капитала к экономическому росту: прямая дорога или долгое блуждание по лабиринту? *Вопросы экономики* (8): 5–23. <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2017-8-5-23>
- Симачев Ю.В., Кузык М.Г., Федюнина А.А., Зайцев А.А., Юревич М.А. 2021. Производительность труда в несырьевых секторах российской экономики: факторы роста на уровне компаний. *Вопросы экономики* (3): 31–67. <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2021-3-31-67>
- Симачев Ю.В., Федюнина А.А., Городный Н.А. 2022. Глобальные рынки передового производства — новая возможность для технологического обновления России. *Журнал Новой экономической ассоциации* **53** (1): 202–212. <http://doi.org/10.31737/2221-2264-2022-53-1-10>
- Федюнина А.А., Аверьянова Ю.В. 2018. Эмпирический анализ факторов конкурентоспособности российских экспортеров. *Экономическая политика* **13** (6): 102–121. <https://doi.org/10.18288/1994-5124-2018-6-102-121>

## REFERENCES IN LATIN ALPHABET

- Acemoglu D., Restrepo P. 2018. The race between man and machine: Implications of technology for growth, factor shares, and employment. *American Economic Review* **108** (6): 1488–1542. <https://doi.org/10.1257/aer.20160696>
- Acemoglu D., Lelarge C., Restrepo P. 2020. Competing with robots: Firm-level evidence from France. *AEA Papers and Proceedings* (110): 383–88. <https://doi.org/10.1257/pan-dp.20201003>
- Aghion P., Bergeaud A., Boppart T., Klenow P.J., Li H. 2019. Missing growth from creative destruction. *American Economic Review* **109** (8): 2795–2822. <https://doi.org/10.1257/aer.20171745>
- Alguacil M., Lo Turco A., Martínez-Zarzoso I. 2020. What is so special about robots and trade? Available at SSRN 3756787. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3756787>
- Anzolin G., Andreoni A., Zanfei A. 2020. Robot adoption and FDI driven transformation in the automotive industry. *International journal of automotive technology and management* **20** (2): 215–237. <https://doi.org/10.1504/IJATM.2020.108586>
- Artuc E., Bastos P., Rijkers B. 2020. Robots, tasks, and trade. *REM Working Paper*, 1–74.
- Autor D., Salomons A. 2018. Is automation labor-displacing? Productivity growth, employment, and the labor share. *National Bureau of Economic Research*. <https://doi.org/10.3386/w24871>
- Ballestar M.T., Díaz-Chao Á., Sainz J., Torrent-Sellens J. 2020. Knowledge, robots and productivity in SMEs: Explaining the second digital wave. *Journal of Business Research* **108**: 119–131. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.11.017>

- Ballestar M. T., Díaz-Chao Á., Sainz J., Torrent-Sellens J. 2021. Impact of robotics on manufacturing: A longitudinal machine learning perspective. *Technological Forecasting and Social Change* **162**: 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120348>
- Benzell S. G., Kotlikoff L. J., LaGarda G., Sachs J. D. 2015. Robots are us: Some economics of human replacement. *National Bureau of Economic Research*, 1–57. <https://doi.org/10.3386/w20941>
- Beugelsdijk S., Klasing M. J., Milionis P. 2018. Regional economic development in Europe: The role of total factor productivity. *Regional Studies*, **52** (4): 461–476. <https://doi.org/10.1080/00343404.2017.1334118>
- Bonfiglioli A., Crinò R., Fadinger H., Gancia G. 2020. Robot imports and firm-level outcomes. *CESifo Working Paper*, 1–49.
- Bournakis I., Mallick S. 2018. TFP estimation at firm level: The fiscal aspect of productivity convergence in the UK. *Economic Modelling* **70**: 579–590. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2017.11.021>
- Caselli M., Fracasso A., Traverso S. 2021. Robots and risk of COVID-19 workplace contagion: Evidence from Italy. *Technological Forecasting and Social Change* **173**: 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121097>
- Cette G., Devillard A., Spiezia V. 2021. The contribution of robots to productivity growth in 30 OECD countries over 1975–2019. *Economics Letters* **200**: 1–4. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2021.109762>
- Cette G., Devillard A., Spiezia V. 2022. Growth Factors in Developed Countries: A 1960–2019 Growth Accounting Decomposition. *Comparative Economic Studies*, **64**: 159–185. <https://doi.org/10.1057/s41294-021-00170-3>
- Cheng H., Jia R., Li D., Li H. 2019. The rise of robots in China. *Journal of Economic Perspectives*, **33** (2): 71–88. <https://doi.org/10.1257/jep.33.2.71>
- Deng L., Plümpe V., Stegmaier J. 2021. Robot adoption at German plants. *IWH Discussion Papers; No. 19/2020*, 1–35.
- DeStefano T., Timmis J. 2021. Robots and export quality. *Policy Research Working Paper; No. 9678*, 1–55.
- Dottori D. 2021. Robots and employment: Evidence from Italy. *Economia Politica* **38** (2): 739–795. <https://doi.org/10.1007/s40888-021-00223-x>
- Du L., Lin W. 2022. Does the application of industrial robots overcome the Solow paradox? Evidence from China. *Technology in Society* **68**: 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.101932>
- Fedyunina A., Averyanova Y. 2019. Import and export of high-tech products in Russian manufacturing companies. *Russian Journal of Economics* **5** (2): 199–210. <https://doi.org/10.32609/j.ruje.5.38706>
- Fernandez-Macias E., Klenert D., Anton J. I. 2021. Not so disruptive yet? Characteristics, distribution and determinants of robots in Europe. *Structural Change and Economic Dynamics* **58**: 76–89. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2021.03.010>
- Francis D. C., Karalashvili N., Maemir H. B., Rodriguez Meza J. L. 2020. Measuring total factor productivity using the enterprise surveys: A methodological note. *Policy Research Working Paper*, No. 9491. The World Bank.
- Gasparetto A., Scalera L. 2019. A brief history of industrial robotics in the 20<sup>th</sup> century. *Advances in Historical Studies* **8** (1): 24–35. <https://doi.org/10.4236/ahs.2019.81002>
- Gasteiger E., Prettner K. 2022. Automation, stagnation, and the implications of a robot tax. *Macroeconomic Dynamics* **26** (1): 218–249. <https://doi.org/10.1017/S1365100520000139>
- Gonchar K., Marek P. 2014. The regional distribution of foreign investment in Russia: are Russians more appealing to multinationals as consumers or as natural resource holders? *Economics of Transition* **22** (4): 605–634. <https://doi.org/10.1111/ecot.12047>
- Goolsbee A. D., Klenow P. J. 2018. Internet Rising, Prices Falling: Measuring Inflation in a World of E-Commerce. *AEA Papers and Proceedings* **108**: 488–492. <https://doi.org/10.1257/pandp.20181038>
- Gordon R. J. 2014. The demise of US economic growth: restatement, rebuttal, and reflections. *National Bureau of Economic*

- Research (No. w19895)*: 1–43. <https://doi.org/10.3386/w19895>
- Graetz G., & Michaels G. 2018. Robots at work. *Review of Economics and Statistics* **100** (5): 753–768. [https://doi.org/10.1162/rest\\_a\\_00754](https://doi.org/10.1162/rest_a_00754)
- Gurkov I., Kokorina A., Saidov Z., Balaeva O. 2020. Foreign direct investment in a stagnant economy: Recent experience of FDI in manufacturing facilities in Russia. *Journal of East-West Business* **26** (2): 109–130. <https://doi.org/10.1080/10669868.2019.1689219>
- Helpman E., Melitz M.J., Yeaple S.R. 2004. Export versus FDI with heterogeneous firms. *American Economic Review* **94** (1): 300–316. <https://doi.org/10.1257/000282804322970814>
- Huang G., He L.Y., Lin X. 2022. Robot adoption and energy performance: Evidence from Chinese industrial firms. *Energy Economics* **107**: 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.105837>
- Koch M., Manuylov I., Smolka M. 2021. Robots and firms. *The Economic Journal* **131** (638): 2553–2584. <https://doi.org/10.1093/ej/ueab009>
- Lankisch C., Prettner K., Prskawetz A. 2019. How can robots affect wage inequality? *Economic Modelling* **81**: 161–169. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2018.12.015>
- Levinsohn J., Petrin A. 2003. Estimating production functions using inputs to control for unobservables. *The Review of Economic Studies* **70** (2): 317–341. <https://doi.org/10.1111/1467-937X.00246>
- Olley S., Pakes A. 1996. The Dynamics of Productivity in the Telecommunications Industry. *Econometrica* **64** (6): 1263–1298. <https://doi.org/10.3386/w3977>
- Prettner K., Strulik H. 2020. Innovation, automation, and inequality: Policy challenges in the race against the machine. *Journal of Monetary Economics* **116**: 249–265. <https://doi.org/10.1016/j.jmoneco.2019.10.012>
- Sachs J.D., Kotlikoff L.J. 2012. Smart machines and long-term misery. *National Bureau of Economic Research (No. w18629)*. <https://doi.org/10.3386/w18629>
- Sachs J.D., Benzell S.G., LaGarda G. 2015. Robots: Curse or blessing? A basic framework. *National Bureau of Economic Research (No. w21091)*. <https://doi.org/10.3386/w21091>
- Stiebale J., Suedekum J., Woessner N. 2020. Robots and the rise of European superstar firms. *CEPR Discussion Paper (No. DP15080)*. 347.
- Syverson C. 2011. What determines productivity? *Journal of Economic literature* **49** (2): 326–365. <https://doi.org/10.1257/jel.49.2.326>
- Van Beveren I. 2012. Total factor productivity estimation: A practical review. *Journal of Economic Surveys* **26** (1): 98–128. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6419.2010.00631.x>
- Voskoboynikov I.B. 2017. Sources of long run economic growth in Russia before and after the global financial crisis. *Russian Journal of Economics*, **3** (4): 348–365. <https://doi.org/10.1016/j.ruje.2017.12.003>
- Xu J., Liu Y., Abdoh H. 2022. Foreign ownership and productivity. *International Review of Economics & Finance* **80**: 624–642. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2022.02.079>
- Yudaeva K., Kozlov K., Melentjeva N., Ponomareva N. 2003. Does foreign ownership matter? The Russian experience. *Economics of transition*, **11** (3): 383–409. <https://doi.org/10.1111/1468-0351.00157>

### Translation of references in Russian into English

- Arkhipova M.Yu., Aleksandrova E.A. 2014. Exploring the nature of the relationship between innovation and export activity of Russian enterprises. *Applied Econometrics* **4** (36): 88–101.
- Gurlev I.V. 2020. Digitalization of Russia's economy and the problems of robotization. *Bulletin of Eurasian Science* **12** (4): 36–47. (In Russian)

- Drapkin I.M., Lukyanov S.A. 2019. Foreign direct investment spillovers in the Russian economy: The results of empirical estimation. *Voprosy Ekonomiki* (2): 97–113. <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2019-2-97-113> (In Russian)
- Drapkin I.M., Lukyanov S.A., Bokova A.A. 2020. Influence of foreign direct investment on domestic investment in the Russian economy. *Voprosy Ekonomiki* (5): 69–85. <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2020-5-69-85> (In Russian)
- Ermolov I.L. 2019. The role of industrial robotics in Russia's industrial development. *Innovations*, **10** (252): 127–129. <https://doi.org/10.26310/2071-3010.2019.252.10.015> (In Russian)
- Kadochnikov S.M., Fedyunina A.A. 2017. the impact of foreign direct investment on export activity of Russian firms: The size matters. *Voprosy Ekonomiki* (12): 96–119. <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2017-12-96-119> (In Russian)
- Komkov N.I., Bondareva N.N. 2016. Prospects and conditions for robotics development in Russia. *Modernization. Innovations. Development* **7** (2): 8–21. <https://doi.org/10.18184/2079-4665.2016.7.2.8.21> (In Russian)
- Kudrin A.L., Gurvich E.T. 2014. New growth model for the Russian economy. *Voprosy Ekonomiki*, **12**: 4–36. <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2014-12-4-36> (In Russian)
- Kuzyk M.G., Simachev Y.V., Fedyunina A.A. 2020. Participation of fast-growing SMEs in international trade and implications for public policy. *Journal of the New Economic Association* (1): 208–218. <https://doi.org/10.31737/2221-2264-2020-45-1-11> (In Russian)
- Lubimov I.L. 2017. Path from human capital to economic growth: A free highway or a complicated labyrinth? *Voprosy Ekonomiki* (8): 5–23. <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2017-8-5-23> (In Russian)
- Simachev Y.V., Kuzyk M.G., Fedyunina A.A., Zaitsev A.A., Yurevich M.A. 2021. Labor productivity in the non-resource sectors of the Russian economy: What determines firm-level growth? *Voprosy Ekonomiki* (3): 31–67. <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2021-3-31-67> (In Russian)
- Simachev Y.V., Fedyunina A.A., Gorodny N.A. 2022. Global advanced manufacturing markets — a new opportunity for Russia's technological upgrade. *Journal of the New Economic Association* **1** (53): 202–212. <https://doi.org/10.31737/2221-2264-2022-53-1-10>
- Fedyunina A.A., Averyanova Y.V. 2018. Empirical analysis of Russian exporters' competitiveness factors. *Economic Policy* **13** (6): 102–121. <https://doi.org/10.18288/1994-5124-2018-6-102-121> (In Russian)

*Статья поступила в редакцию  
19 февраля 2023 г.  
Принята к публикации  
13 апреля 2023 г.*

---

## ***The impact of robotization on productivity of manufacturing firms in Russia***

***A. A. Fedyunina, N. A. Gorodnyi, Yu. V. Simachev***

*HSE University, Russia*

**Goal:** the aim of the paper is to assess the impact of industrial robot imports on the productivity of Russian enterprises in the manufacturing industry. **Methodology:** panel regression with

---

The research was accomplished with the support of the Russian Science Foundation (project No. 22-78-10110).

random effects and least squares methods are used to model the data. The sample includes 81 794 enterprises in the Russian manufacturing industry that were active during the post-crisis development of the Russian economy in 2011–2018. **Findings:** direct importers of industrial robots tend to be larger and more internationalized: they are owned by foreigners and export directly. In our study, we found that robot imports have a positive impact on both aggregate factor productivity and labour productivity. The results suggest that in the Russian manufacturing industry the effects of robots on productivity are more significant for non-leading enterprises, which are typically internationalized (exporters and enterprises with foreign capital) and import robots more frequently. **Originality and contribution of the authors:** in the Russian economy, this study represents the first attempt to assess the effects of industrial robots. Results show that industrial robots can be used to improve the competitiveness of the Russian economy and to close the productivity gap within industries. Only direct import data are used in the paper, which is a limitation.

*Keywords:* industrial robots, robot adoption, total factor productivity, labour productivity, Russian economy, manufacturing industry.

*For citation:* Fedyunina A.A., Gorodnyi N.A., Simachev Yu.V. 2023. The impact of robotization on productivity of manufacturing firms in Russia. *Russian Management Journal* **21** (1): 66–88. <https://doi.org/10.21638/spbu18.2023.104> (In Russian)

*Для цитирования:* Федюнина А.А., Городный Н.А., Симачев Ю.В. 2023. Влияние роботизации на производительность промышленных предприятий в России. *Российский журнал менеджмента* **21** (1): 66–88. <https://doi.org/10.21638/spbu18.2023.104>

*Initial Submission: February 19, 2023*

*Final Version Accepted: April 13, 2023*