



Центр исследований структурной политики

Научно-учебная группа
«Экономика роботизации
отраслей и фирм»

2022

Анализ связи роботизации и производительности труда предприятий на примере российского промышленного сектора

Староватова Д.А.,
Студент 4го курса ОП «Экономика»

Научный руководитель:
Федюнина А.А.,
доцент департамента экономики СПбШЭМ



Актуальность исследования

- В российской научной литературе **дефицит работ**, посвященных эффектам роботизации, **не связанных с занятостью**.
- Анализ связи между внедрением роботов и производительностью труда предприятий в РФ с использованием **внутренних данных компаний** еще не проводился.



Мотивация исследования

- **Уровень роботизации** в России **крайне низкий** по сравнению с другими странами: **6** роботов на **10** тыс. работников, при условии, что среднемировая плотность - **113** роботов.¹
- Россия занимает **38** место в рейтинге по **производительности труда** в **2020** г.²
- Россия вошла в топ-**6** **самых работающих стран мира** в **2020** г. — по количественному показателю труда.³

¹ IFR (2020), World Robotics

² OECD (2022), GDP per hour worked (indicator)

³ OECD (2022), Hours worked (indicator)



Обзор литературы

• Роботы и рынок труда

Урунов А. и Родина И. (2018)

- Рост безработицы от **5-6%** (естественный уровень) до **15-20%** в РФ, а в мире - до **30%**. Ежегодное исчезновение от **1** до **3** некоторых профессий.

Земцов С. (2017): данные Росстата по регионам на уровне видов деятельности по ОКВЭД

- В России около **44,78%** занятых могут пострадать от роботизации, но эта оценка ниже или сопоставима с большинством развитых стран.

Толкачёв С. и Кулаков А. (2016): на примере рынка труда в США

- Рост производительности, вызванный широкой автоматизацией бизнес-процессов, ведёт к росту дополнительной экономической активности, вследствие чего **создаются новые рабочие места**.



Обзор литературы

• Роботы и производительность стран

Graetz and Michaels (2018): панель отраслей в 17 странах за период 1993 - 2007гг.

- **Вклад** более широкого использования **промышленных роботов** в экономический рост **значителен** и составляет **0,37** процентных пункта, что составляет немногим более одной десятой совокупного роста экономики в целом.

Jungmittag, A. и Pesole, A. (2019): 12 стран ЕС и 9 производственных отраслей за 1995-2015гг.

- Один дополнительный робот на **1** млн. евро капитальных вложений, не связанных с ИКТ, повышает производительность труда на **44%**. Результаты устойчивы при делении периода на до и после **2008** г.

Gilbert Cette et al. (2021): набор данных о 30 странах-участницах ОЭСР за период 1975 - 2019гг.

- **Роботизация положительно влияет** на общую производительность стран, однако она **не стала источником значительного возрождения производительности**. В большинстве стран средний вклад роботов в рост производительности не превышал **0,2** процентных пункта в год.



Обзор литературы

• Роботы и производительность предприятий

Ballestara et al. (2020): данные 1800 испанских малых и средних производственных компаний (МСП) за 2008 и 2015 гг.

- **«Чем шире используются промышленные роботы, тем выше производительность».** В **2008** и **2015** году использование роботов МСП привело к повышению уровня их производительности труда на **2%** и **5%** соответственно.

Koch et al. (2019): 1900 испанских производственных фирм за период 1990 - 2016гг.

- **Приверженцы роботов ещё до их внедрения больше по размерам и эффективнее** тех предприятий, кто не решает внедрять роботов. Поэтому причинно-следственная связь не совсем очевидна.

Bonfiglioli et al. (2020): 500 тыс. компаний в промышленном и первичном секторе, секторе услуг за 1994-2013гг.

- Повышение эффективности из-за роботизации не всегда приводит к эквивалентному падению цен путём увеличения наценок предприятия. Что способствует установлению рыночной власти более крупных фирм, внедряющих роботов.



Обзор литературы

• Преимущества использования роботов для предприятий

- **снижение переменных издержек на оплату труда**, что повышает уровень производительности, в случае когда труд обходится дороже капитала (**Bonfiglioli et al., 2020**);
- **увеличение скорости работы**, что ведёт к увеличению выпуска продукции и, соответственно, росту производительности труда компании;
- **повышение безопасности**, что способствует снижению риска остановки работы из-за такого человеческого фактора, как усталость или невнимательность;
- **снижение вероятности допущения брака** и, соответственно, обеспечение стабильности качества предоставляемой продукции или услуг, что, как отмечается в работе **J. Dixon et al. (2021)**, является первоочередной причиной замены ручного труда машинами



Гипотезы

Проведённый выше обзор литературы позволяет выдвинуть в качестве **базовой** следующую гипотезу:

-H1 : «Уровень производительности труда роботизированных предприятий, при прочих равных, выше не роботизированных»

Для проверки устойчивости результатов построены дополнительные модели в разрезе размерных групп компаний.

Крупные фирмы значительно опережают МСП в освоении и внедрении цифровых решений, что позволяет им быть на более **зрелой стадии цифровой трансформации** (Назаренко А.,2021)

Наблюдается **цифровой разрыв** между предприятиями разных размеров, который становится более выраженным при усложнении цифровых технологий.

Для ощутимого повышения эффективности производства малого и среднего бизнеса, вероятнее всего, требуется **меньшее пороговое количество роботов**, чем на крупных предприятиях.

-H2 : «Использование робототехники имеет значимую взаимосвязь с уровнем производительности труда прежде всего для МСП»



Данные

• Источник данных

- Опрос предприятий проекта «Факторы конкурентоспособности и роста российских промышленных предприятий», выполненный в **2018** году в рамках Программы фундаментальных исследований НИУ ВШЭ.
- Дополнительно собранные через ИНН данные о выручке и занятости в этих компаниях за **2017** г.

• Количество наблюдений: первоначальная выборка

- **1716** случайно отобранных российских предприятий **20-ти** различных отраслей промышленности, из которых:
 - **1007** – МСП (до **250** сотрудников)
 - **709** – крупные (более **250** работников)
 - **313** используют роботов
 - **1357** не используют роботов
 - **46** неизвестно

• Количество наблюдений: выборка после чистки данных

- **743** российских промышленных предприятия, из которых:
 - **468** - МСП
 - **275** - крупные
 - **153** использует роботов
 - **590** не используют роботов

Название переменной	Описание переменной
Ln(Производительность Труда)	Зависимая переменная. Натуральный логарифм выручки, в тысячах рублей, делённой на количество сотрудников
Использование роботов	Использование роботов в производстве (1 – если да, 0 – если нет)
Размер	Количество сотрудников на предприятии (категориальная переменная)
Возраст	Дата регистрации компании (категориальная переменная)
Иностраннный собственник	Наличие среди собственников иностранных компаний/лиц (1- если да, 0 – если нет)
Федеральный собственник	Наличие среди собственников федеральных/ региональных/ местных органов власти (1- если да, 0 – если нет)
Экспорт	Осуществление экспортной деятельности (1 – если да, 0 – если нет)
Инвестиции в НИОКР	Осуществление инвестиций в НИОКР (1 – если да, 0 – если нет)
Государственная финансовая поддержки	Использование финансовой государственной поддержки (1 - если да, 0 - если нет)
Отраслевой эффект	Включение бинарным способом всех отраслей промышленности в модель.

Источник: составлено автором на основе опроса «Факторы конкурентоспособности и роста российских промышленных предприятий», 2018.



Переменные

• Возраст

- Чем «моложе» предприятие, тем более современные технологии оно использует, что, соответственно, увеличивает его производительность труда по сравнению с более «взрослыми» компаниями.

• Собственник

- От решений собственник зависят многие бизнес-процессы компании, так или иначе влияющие на её эффективность. А сами решения определяются их личными целями.

• Экспорт

- Выход на новые рынки сопровождается сильным конкурентным давлением, что даёт толчок развитию предприятия, а также порождает новые знания, которые перетекают в фирму (**Teresa Ballestar et al., 2020**).

• Инвестиции в НИОКР

- Вложения в научно-исследовательские разработки ведут к совершенствованию устаревших технологий производства, что может способствовать сокращению издержек, повышению объёмов выпуска, внедрению более качественной или принципиально новой продукции (Гаршина О., **2011**; Трачук А. и Линдер А., **2017**).

• Государственная финансовая поддержка

- Создание благоприятной среды, в которой компании будут становиться более производительными и конкурентоспособными, повышая, в конечном итоге, общий уровень производительности страны, зависит от действий государства: снижение процентных ставок по кредитам, налоговые льготы, финансовая поддержка компаний в обновлении оборудования, помощь в повышении квалификации сотрудников и др. (Ю.В.Симачёв и др., **2020**)



Переменные

• Износ оборудования

- Высокая степень изношенности основных фондов предприятий стала одной из главных причин низкой производительности труда российских компаний (Косякова Л.Н и Попова А.Л., 2017)

• Отрасль промышленности

- Различия в отраслях промышленности, которые могут оказывать значимое влияние на уровень производительности, наиболее ярко выражены в их инновационном развитии, в т.ч. степенью внедрения роботов в производство. Приверженцы роботов, вероятно, будут в отраслях с более значительными достижениями в технологии робототехники и более быстрым распространением роботов в других промышленно развитых странах (Acemoglu D. et al., 2020).



Методология

(1):

$$\ln(\text{Производительность Труда}) \sim \beta_0 + \beta_1 * \text{Использование роботов} + \beta_2 * \text{Микро} + \beta_3 * \text{Малые} + \beta_4 * \text{Средние} + \beta_5 * \text{СССР} + \beta_6 * \text{Осн. 1992 – 1998} + \beta_7 * \text{Осн. после 2010} + \beta_8 * \text{Иностранн\у\й собственник} + \beta_9 * \text{Государственный собственник} + \beta_{10} * \text{Экспорт} + \beta_{11-30} * \text{Отрасль промышленности}_i + u$$

(2):

$$\ln(\text{Производительность Труда}) \sim \beta_0 + \beta_1 * \text{Использование роботов} + \beta_2 * \text{Микро} + \beta_3 * \text{Малые} + \beta_4 * \text{Средние} + \beta_5 * \text{СССР} + \beta_6 * \text{Осн. 1992 – 1998} + \beta_7 * \text{Осн. после 2010} + \beta_8 * \text{Иностранн\у\й собственник} + \beta_9 * \text{Государственный собственник} + \beta_{10} * \text{Экспорт} + \beta_{11} * \text{Инвестиции в НИОКР} + \beta_{12} * \text{Износ оборудования} + \beta_{13} * \text{Поддержка государства} + \beta_{14-33} * \text{Отрасль промышленности}_i + u$$



Результаты

- При прочих равных роботизированные предприятия производительнее на **0.165**, иными словами, **премия за роботизацию** составила приблизительно **1179,4 тыс. руб. на человека**.
- **Чем больше** предприятие, **тем выше** уровень производительности. Однако между уровнями производительности средних и крупных предприятий не наблюдается значимых различий.
- **Чем старше** предприятие, тем при прочих равных оно **менее** **производительно**
- Наличие **иностранного собственника** имеет **положительную связь** с производительностью труда.
- **Износ оборудования** имеет значимую и **отрицательную связь** с уровнем производительности труда.

Ln(Производительность Труда)	(1)	(2)
Использование роботов	0.252 ***	0.165 *
Крупные	база	база
Микро	-0.317 **	-0.389 ***
Малые	-0.119	-0.158 *
Средние	0.051	-0.023
Осн. 1999-2010	база	база
СССР	-0.318 ***	-0.257 ***
Осн. 1992-1998	-0.251 ***	-0.205 ***
Осн. после 2010	0.141	0.086
Иностраный собственник	0.229 *	0.227 *
Государственный собственник	-0.105	-0.056
Экспорт	0.001	0.030
Государственная поддержка		0.001
Инвестиции в НИОКР		0.045
Износ оборудования		-0.715 ***
Константа	8.110 ***	8.374 ***
Отраслевой эффект	+	+
Кол-во наблюдений	743	743
Скорр. R-квадрат	0.108	0.154



Результаты

- При разделении выборки по размерным группам **связь роботов и производительности труда крупных предприятий оказалась не значима.**
- Значимая и положительная **связь роботов и производительности МСП сохраняется. Премия за роботизация составила **0.221**, или **1247,3 тыс. рублей** на сотрудника.**
- Связь типа собственника и производительности пропадает.
- Связь **экспорта и производительности труда значима только при разделении выборки на размерные группы.**

Ln(Производительность Труда)	МСП		Крупные	
	(3)	(4)	(5)	(6)
Использование роботов	0.301 **	0.221 *	0.185	0.118
Осн. 1999-2010	база	база	база	база
СССР	-0.279	-0.209	-0.255 *	-0.247 *
Осн. 1992-1998	-0.267	-0.214 **	-0.186	-0.178
Осн. после 2010	0.145	0.095	-0.264	-0.405
Иностраный собственник	0.203	0.292	0.304	0.272
Государственный собственник	0.235	0.391	-0.277	-0.305
Экспорт	0.211 **	0.245 **	-0.179 *	-0.180 *
Поддержка государства		-0.001		0.003
Инвестиции в НИОКР		0.009		0.111
Износ оборудования		-0.875 ***		-0.419 **
Константа	7.959 ***	8.206 ***	8.231 ***	8.419 ***
Отраслевой эффект	+	+	+	+
Кол-во наблюдений	468	468	275	275
Скорр. R-квадрат	0.086	0.147	0.216	0.231

Источник: расчёты автора.

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.



Заключение

- **Принята гипотеза 1:** при прочих равных, **1** сотрудник приносит в выручку роботизированного предприятия в среднем на **1179,4** тыс. руб. больше, чем в не роботизированном.
- **Принята гипотеза 2:** связь использования робототехники и производительности труда в крупных компаниях не значима.
- **Принята гипотеза 2:** при прочих равных, **1** сотрудник приносит в выручку роботизированных МСП в среднем на **1247,3** тыс.рублей больше, чем в не роботизированных.
- Для исследования влияния роботов на производительность труда крупных предприятий (**251** работник и более) **требуется информация о количестве, или даже сложности, используемых роботов.**



Список литературы

Русскоязычные источники:

1. Земцов С.П. Роботы и потенциальная технологическая безработица в регионах России: опыт изучения и предварительные оценки / Вопросы экономики. № 7. 2017. 142-157с.
2. Толкачев С.А., Кулаков А.Д. Роботизация как направление неоиндустриализации (на примере США) / Мир новой экономики. № 2. 2016. 79-87 с.
3. Урунов А.А., Родина И.Б. Влияние искусственного интеллекта и интернет-технологий на национальный рынок труда / Фундаментальные исследования № 1, 2018. 138-142с.

Англоязычные источники:

4. Ballestara Maria Teresa et al. Knowledge, robots and productivity in SMEs: Explaining the second digital wave. / María Teresa Ballestara, Ángel Díaz-Chaob, Jorge Sainzb, Joan Torrent-Sellenc. Journal of Business Research, 2020. 119 -131 p.
5. Bonfiglioli Alessandra et al. Robot Imports and Firm-Level Outcomes / Bonfiglioli Alessandra, Crinò Rosario, Fadinger Harald, Gancia Gino. CESifo Working Paper No. 8741, 2020.
6. Cotte Gilbert, Aurélien Devillard, Vincenzo Spiezia. The contribution of robots to productivity growth in 30 OECD countries over 1975–2019. Economics Letters 200, 2021
7. Jay Dixon, Bryan Hong, Lynn Wu. The Robot Revolution: Managerial and Employment Consequences for Firms. Management Science 67(9):5586-5605. 2021.
8. Graetz Georg, Michaels Guy. Robots at work. Review of Economics and Statistics, 2018.
9. Koch Michael, Manalo Ilya, Smolka Marcel. Robots and firms. CESifo Working Paper, No. 7608, Center for Economic Studies and ifo Institute (CESifo), Munich, 2019. 119-131 p.
10. Jungmittag, A., Pesole, A. The impact of robots on labour productivity:A panel data approach covering 9 industries and 12 countries, Seville: European Commission, JRC118044. 2019