



Санкт-Петербургская школа экономики и менеджмента

Научно-учебная группа
«Экономика роботизации
отраслей и фирм»

Санкт-Петербург
2022

Эффекты внедрения роботов на производительность российских предприятий

Староватова Дарья, БЭК194

Научный руководитель:

Федюнина А.А.,

доцент департамента экономики СПбШЭМ



Актуальность 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 **43** место в мировом рейтинге **по производительности труда** в **2017** г.
²
- Россия вошла в пятёрку **самых работающих стран мира** в **2019** г. — по количественному показателю труда.
³

¹ IFR (2020), World Robotics

² Our World in Data (2017), Productivity per hour worked

³ OECD (2020), Hours worked (indicator)



Исследовательский вопрос

Действительно ли предприятия, использующие робототехнику, характеризуются более высокой производительностью труда?

По результатам исследования **планируется:**

- Эмпирически оценить статистическую гипотезу: **"уровень производительности труда роботизированных предприятий выше, чем не роботизированных"**.



Обзор литературы

• Тип робототехники

- Выделяют **2** типа роботов: *промышленные и сервисные (ISO 8373:2021)*. В данной работе будет фиксироваться лишь наличие роботов на производстве, не зависимо от их типа.

• 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.



Обзор литературы

- **Влияние роботов на общую производительность стран**

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.

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.



Обзор литературы

- **Влияние роботов на 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.



Обзор литературы

- **Влияние роботов на производительность предприятий**

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

- Внедрение роботов значительно увеличивает объем продаж на одного работника, однако влияние на общий объем продаж гораздо менее сильное. Таким образом, повышение эффективности не всегда приводит к эквивалентному падению цен путём увеличения наценок предприятия. Что **способствует установлению рыночной власти более крупных фирм, внедряющих роботов.**



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

- **672** российских промышленных предприятия, из которых:
 - **410** - МСП
 - **262** - крупные
 - **129** использует роботов
 - **543** не используют роботов

Название переменной	Описание переменной
productivity	Логарифм уровня производительности труда
robotics	Использование роботов в производстве (1 – если да, 0 – если нет)
District *	Федеральный округ, в котором работает фирма (категориальная переменная)
City size *	Размер города, в котором работает предприятие (категориальная переменная)
Age **	Возраст предприятия (категориальная переменная)
Owners **	Тип собственника (категориальная переменная)
market_region **	Размер рынка, на котором оперирует компания (1 – свой регион и/или соседние, 0 – крупные рынки)
export ***	Осуществление экспортной деятельности (1 – если да, 0 – если нет)
educ_emp ***	Доля высококвалифицированного персонала (от 0 до 1)
exp_emp ***	Доля затрат на оплату труда от общей стоимости продукции (от 0 до 1)
invest_fixcap ***	Осуществление крупных вложений в основной капитал (1 - если да, 0 - если нет)
gov_support ***	Использование финансовой государственной поддержки (1 - если да, 0 - если нет)
strat_partner ***	Сотрудничество со стратегическим партнёром (1 – если да, 0 – если нет)

* External factors; ** General factors; *** Internal factors

Описательная статистика данных

	Все		МСП		Крупные	
	Всего					
	672		410		262	
	N	%	N	%	N	%
Робототехника						
Используют	129	19%	65	16%	64	25%
Не используют	543	81%	345	84%	198	76%
Федеральный округ						
Центральный	241	36%	135	33%	106	20%
Северо-Западный	81	12%	48	12%	33	6%
Южный	51	7%	29	7%	22	4%
Приволжский	121	18%	74	18%	47	9%
Сибирский	60	9%	34	8%	26	5%
Северо-Кавказский	26	4%	22	5%	4	1%
Уральский	61	9%	41	10%	20	4%
Дальневосточный	31	5%	27	7%	4	1%
Тип собственника						
Российские частные лица и компании	638	95%	388	95%	250	95%
Иностранные частные лица и компании	46	7%	24	6%	22	8%
Федеральные органы	10	1%	4	1%	6	2%
Региональные и/или местные органы власти	15	2%	7	2%	8	3%
Возраст предприятия						
До 1951	66	10%	8	2%	58	22%
1951 - 1990	44	7%	10	2%	34	13%
1991 - 2010	486	72%	326	80%	160	61%
После 2010	76	11%	66	16%	10	4%
Размер рынка						
Свой регион и/или соседний	213	32%	163	40%	50	19%
Российский рынок и/или мировой	459	68%	247	60%	212	81%

	Все		МСП		Крупные	
	Всего					
	672		410		262	
	N	%	N	%	N	%
Экспорт						
Экспортёр	239	36%	110	27%	129	49%
Не экспортёр	433	64%	300	73%	133	51%
Стратегический партнёр						
Есть	314	47%	188	46%	126	48%
Нет	358	53%	222	54%	136	52%
Финансовая поддержка государства						
Использовали	114	17%	54	13%	60	23%
Не использовали	558	83%	356	87%	202	77%
Крупные вложения в основной капитал						
Осуществляли	140	21%	64	16%	76	29%
Не осуществляли	532	79%	346	84%	186	71%

Доля высококвалифицированного персонала						
	Мин.	1-й квартиль	Медиана	Среднее	3-й квартиль	Макс.
Все	0.00	0.08	0.20	0.25	0.35	1.00
МСП	0.00	0.06	0.13	0.20	0.29	1.00
Крупные	0.00	0.15	0.30	0.31	0.42	0.95

Доля затрат на оплату труда от общей стоимости продукции						
	Мин.	1-й квартиль	Медиана	Среднее	3-й квартиль	Макс.
Все	0.01	0.20	0.30	0.30	0.40	0.90
МСП	0.01	0.20	0.30	0.31	0.40	0.80
Крупные	0.01	0.15	0.25	0.27	0.35	0.90

Источник: опрос предприятий проекта «Факторы конкурентоспособности и роста российских промышленных предприятий», выполненный в 2018 году в рамках Программы фундаментальных исследований НИУ ВШЭ».



Методология

$$\begin{aligned} productivity \sim & \beta_0 + \beta_1 * robotics_i + \\ & + \beta_2 * \mathbf{District}_i + \beta_3 * \mathbf{City_size}_i + \beta_4 * \mathbf{Age}_i + \beta_5 * \mathbf{Owners}_i + \beta_6 * market_region_i + \beta_7 * export_i + \beta_8 * educ_emp_i + \beta_9 * exp_emp_i \\ & + \beta_{10} * invest_fixcap_i + \beta_{11} * gov_support_i + \beta_{12} * strat_partner_i + u_i \end{aligned}$$

• District

- Центральный ФО – база
- Уральский ФО (*Ural*)
- Северо-Кавказский ФО (*North_Caucasian*)
- Северо-Западный ФО (*Northwestern*)
- Южный ФО (*Southern*)
- Сибирский ФО (*Siberian*)
- Приволжский ФО (*Volga*)
- Дальневосточный ФО (*Far_Eastern*)

• City_size

- 1 миллион и более – база
- 500 – 999 тыс. чел. (*city_size2*)
- 100 – 499 тыс. чел. (*city_size3*)
- Менее 100 тыс. чел. и сельская местность (*city_size4*)

• Age

- 1991 - 2010 – база
- До 1951 (*before_1951*)
- 1951 – 1991 (*betw_1951_1991*)
- После 2010 (*after_2010*)

• Owners

- Российские частные лица/компании (*russian_owners*)
- Иностранные частные лица/компании (*foreign_owners*)
- Федеральные органы власти (*federal_owners*)
- Местные и/или региональные органы власти (*reg_loc_owners*)



Методология

$$\begin{aligned} & productivity \sim \beta_0 + \beta_1 * robotics_i + \\ & + \beta_2 * Ural_i + \beta_3 * North_Caucasian_i + \beta_4 * Northwestern_i + \beta_5 * Southern_i + \beta_6 * Siberian_i + \beta_7 * Volga_i + \beta_8 * Far_Eastern_i + \\ & + \beta_9 * city_size_2_i + \beta_{10} * city_size_3_i + \beta_{11} * city_size_4_i + \\ & + \beta_{12} * before_1951_i + \beta_{13} * betw_1951_1990_i + \beta_{14} * after_2010_i + \\ & + \beta_{15} * russian_owners_i + \beta_{16} * foreign_owners_i + \beta_{17} * federal_owners_i + \beta_{18} * reg_loc_owners_i + \\ & + \beta_{19} * market_region_i + \\ & + \beta_{20} * export_i + \beta_{21} * educ_emp_i + \beta_{22} * exp_emp_i + \beta_{23} * invest_fixcap_i + \beta_{24} * gov_support_i + \beta_{25} * strat_partner_i + u_i \end{aligned}$$

External

General

Internal

Предприятия будут разделены на **2** выборки: МСП (до **250** сотрудников) и крупные (**251** и более сотрудников).



Результаты

- У роботизированных МСП при прочих равных средний уровень производительности выше, чем у не роботизированных.
- Использование робототехники не оказывает влияния на уровень производительности труда в крупных предприятиях.
- Отрицательное влияние доли затрат на оплату труда говорит о том, что автоматизация предприятия может способствовать повышению экономической эффективности компании.
- Для исследования влияния роботов на уровень производительности крупных предприятий требуется количественная оценка используемой в производстве робототехники.

productivity	Все	МСП	Крупные
robotics	0.178 *	0.185 *	0.142
North_Caucasian	-0.611 ***	-0.709 ***	-0.355
Northwestern	0.230 *	0.308 ´	0.004
Volga	-0.252 *	-0.411 **	-0.072
Far_Eastern	-0.438 **	-0.515 **	-0.551
before_1951	-0.188 *	-0.026	-0.179 *
after_2010	0.145	0.236 *	-0.301
federal_owners	-0.275	0.288	-0.518 *
market_region	-0.211 **	-0.199 *	-0.130
educ_emp	0.845 ***	1.155 ***	0.261
exp_emp	-1.387 ***	-1.261 ***	-1.540 ***
invest_fixcap	0.228 **	0.318 *	0.110
strat_partner	0.095	0.042	0.164 *
Other regressors			
N	672	410	262
Adj.R-sq.	0.249	0.281	0.247

Источник: расчёты автора.

*** p < 0.001, ** p < 0.01, * p < 0.05, ´ p < 0.1.



Результаты

- **МСП более подвержены влиянию территориального местоположения**, что вероятнее всего связано с тем, что они в большей мере оперируют на малых рынках, нежели крупные компании.
- **Чем «моложе» предприятие, тем выше** его уровень производительности.
- **Чем выше доля высококвалифицированных работников в МСП, тем выше** их уровень производительности.
- **Экспорт и финансовая помощь государства** оказались не значимыми факторами в обеих группах.

productivity	Все	МСП	Крупные
robotics	0.178 *	0.185 *	0.142
North_Caucasian	-0.611 ***	-0.709 ***	-0.355
Northwestern	0.230 *	0.308 ‘	0.004
Volga	-0.252 *	-0.411 **	-0.072
Far_Eastern	-0.438 **	-0.515 **	-0.551
before_1951	-0.188 *	-0.026	-0.179 *
after_2010	0.145	0.236 *	-0.301
federal_owners	-0.275	0.288	-0.518 *
market_region	-0.211 **	-0.199 *	-0.130
educ_emp	0.845 ***	1.155 ***	0.261
exp_emp	-1.387 ***	-1.261 ***	-1.540 ***
invest_fixcap	0.228 **	0.318 *	0.110
strat_partner	0.095	0.042	0.164 *
Other regressors			
N	672	410	262
Adj.R-sq.	0.249	0.234	0.167

Источник: расчёты автора.

*** p < 0.001, ** p < 0.01, * p < 0.05, ‘ p < 0.1.



Заключение

- **Роботизированные** предприятия малого и среднего бизнеса при прочих равных характеризуются **более высоким уровнем производительности труда**.
- **Премия за роботизацию** в МСП составляет **0.185**.
- Для исследования влияния роботов на производительность труда крупных предприятий (**251** работник и более) **требуется информация о количестве используемых роботов**.



Список литературы

Законодательная база:

1. ISO 8373 – 2021. Vocabulary. Robotics. International Organization for Standardization, 2021.

Научная литература:

2. 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.

3. Bonfiglioli Alessandra et al. Robot Imports and Firm-Level Outcomes / Bonfiglioli Alessandra, Crinò Rosario, Fadinger Harald, Gancia Gino. CESifo Working Paper No. 8741, 2020.

4. Cette Gilbert, Aurélien Devillard, Vincenzo Spiezia. The contribution of robots to productivity growth in 30 OECD countries over 1975–2019. Economics Letters 200, 2021

5. Graetz Georg, Michaels Guy. Robots at work. Review of Economics and Statistics, 2018.

6. 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.

Интернет-ресурсы:

7. IFR (2020), World robotics Report. URL: <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/record-2.7-million-robots-work-in-factories-around-the-globe>

8. OECD (2020), Hours worked. URL: <https://data.oecd.org/emp/hours-worked.htm>

9. Our World in Data (2017), Productivity per hour worked. URL: <https://ourworldindata.org/grapher/labor-productivity-per-hour-pennworldtable>

Полный список используемой литературы: https://docs.google.com/document/d/1wQ-bpw-vT5jkPlwvf_UtnhWPEP-ZWQP4bWcQXEGlhY4/edit?usp=sharing



Санкт-Петербургская школа экономики и менеджмента

Научно-учебная группа
«Экономика роботизации
отраслей и фирм»

Санкт-Петербург
2022

Эффекты внедрения роботов на производительность российских предприятий

Староватова Дарья, БЭК194

Научный руководитель:

Федюнина А.А.,

доцент департамента экономики СПбШЭМ

Приложение 1. Детерминанты логарифма уровня производительности труда.

Productivity	Все	Смн	Крупные
Intercept	7.910 *** (0.183)	7.837 *** (0.210)	8.123 *** (0.306)
Robotics	0.178 * (0.085)	0.185 * (0.126)	0.142 (0.111)
District			
Ural	0.020 (0.114)	-0.045 (0.149)	0.078 (0.178)
North_caucasian	-0.611 *** (0.175)	-0.709 *** (0.196)	-0.355 (0.381)
Northwestern	0.230 * (0.107)	0.308 ' (0.155)	0.004 (0.133)
Southern	-0.117 (0.130)	-0.061 (0.166)	-0.252 (0.210)
Siberian	-0.066 (0.114)	-0.196 (0.151)	0.010 (0.165)
Volga	-0.252 * (0.103)	-0.411 ** (0.141)	-0.072 (0.153)
Far_eastern	-0.438 ** (0.158)	-0.515 ** (0.167)	-0.551 (0.375)
City size			
city_size2	-0.069 (0.090)	-0.017 (0.126)	-0.074 (0.125)
city_size3	-0.156 ' (0.082)	-0.129 (0.109)	-0.209 ' (0.123)
city_size4	-0.173 (0.109)	-0.148 (0.126)	-0.238 ' (0.187)

Age			
before_1951	-0.188 * (0.092)	-0.026 (0.310)	-0.179 * (0.106)
betw_1951_1990	0.005 (0.112)	0.103 (0.246)	0.061 (0.151)
after_2010	0.145 (0.112)	0.236 * (0.122)	-0.301 (0.188)
Owners			
russian_owners	0.130 (0.155)	0.084 (0.177)	0.211 (0.259)
foreign_owners	0.216 ' (0.127)	0.297 (0.191)	0.210 (0.139)
federal_owners	-0.275 (0.306)	0.288 (0.323)	-0.518 * (0.308)
reg_local_owners	0.022 (0.217)	0.130 (0.260)	-0.223 (0.348)
Market size			
market_region	-0.211 ** (0.078)	-0.199 * (0.092)	-0.130 (0.137)
Internal factors			
export	-0.010 (0.073)	0.040 (0.100)	-0.061 (0.110)
educ_emp	0.845 *** (0.175)	1.155 *** (0.241)	0.261 (0.245)
exp_emp	-1.387 *** (0.210)	-1.261 *** (0.273)	-1.540 *** (0.316)

invest_fixcap	0.228 ** (0.085)	0.318 * (0.125)	0.110 (0.104)
strat_partner	0.095 (0.063)	0.042 (0.085)	0.164 * (0.092)
gov_support	0.056 (0.089)	0.112 (0.144)	-0.009 (0.102)
N	672	410	262
Adj.R-sq.	0.249	0.234	0.167

*** p < 0.001, ** p < 0.01, * p < 0.05, ' p < 0.1.