

## ВЛИЯНИЕ РОБОТИЗАЦИИ НА ИЗМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ ЗАНЯТЫХ

Дубинина В.В.

*В данной работе исследовалось влияние процессов роботизации на производительность труда в различных отраслях промышленности (обрабатывающей, автомобильной, электронной), построены модели зависимости численности занятых в автомобильной промышленности от плотности роботизации в этой отрасли и производства автомобилей. Показано, что на основе полученных результатов нельзя сделать однозначные выводы о влиянии роботизации на занятость и требуется учитывать дополнительные факторы.*

doi: 10.20537/mce2023econ13

**Введение.** Количество промышленных роботов (ПР) во всем мире продолжает увеличиваться, появляется все больше возможностей для их использования в различных отраслях промышленности. Если раньше ПР использовались только в процессах массового производства в пищевой и автомобильной промышленности, то в настоящее время они широко применяются в таких производственных процессах, как производство фармацевтических препаратов и лекарств и др. Распространение робототехнических систем связано с тем, что в последние годы они стали более доступными с точки зрения стоимости и размера.

Кроме того, внедрение роботизации позволяет ускорить производственные процессы, повысить загрузку производственных мощностей, оптимизировать технические, человеческие и природные ресурсы, повысить конкурентоспособность экономики, что особенно актуально для России в условиях санкций и взятого курса на реиндустриализацию экономики.

Однако динамичный рост роботизации вызвал опасения, что значительная часть рабочей силы, особенно низкоквалифицированная, может потерять рабочие места. Эти опасения отчасти основаны на опыте стран ОЭСР, где внедрение ПР способствовало росту производительности за счет сокращения доли занятости и заработной платы низкоквалифицированных рабочих. Согласно оценкам 2018 г., около 14% рабочих мест в

странах ОЭСР могут исчезнуть из-за автоматизации, а еще 32%, вероятно, претерпят значительные изменения. Больше всего рабочих мест подвержено автоматизации в Словакии (33%) и Словении (25%), меньше всего — в Норвегии (6%), Финляндии (7%) и Швеции (8%). Для России этот показатель равен 12% [1]. Однако по имеющимся данным нельзя в полной мере оценить влияние роботизации на численность занятых.

### **Роботизация промышленности и ее влияние на рынок труда.**

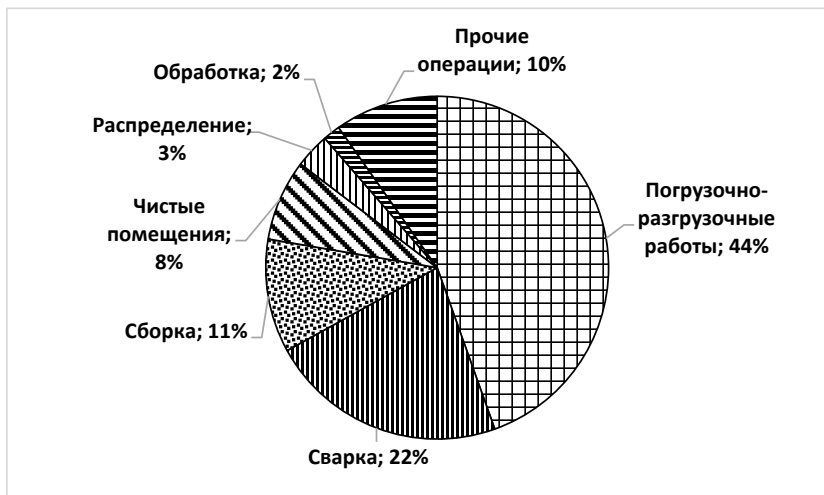
Принято считать, что ПР являются инновацией XXI в., однако их развитие началось еще в 1950-е гг. Первые ПР, которые выпускались в 1954–1979 гг., использовались, в основном, для подъема тяжестей.

В 1960–1970-х гг. потребность в автоматизации трудоемких задач на производстве возросла, и промышленные роботы стали применяться для выполнения погрузочно-разгрузочных и точных работ. К концу 1970-х гг. роботы начали выполнять покраску, дуговую сварку, перемещение материалов, а также опасные задачи (например, перемещение деталей и материалов в условиях высоких температур).

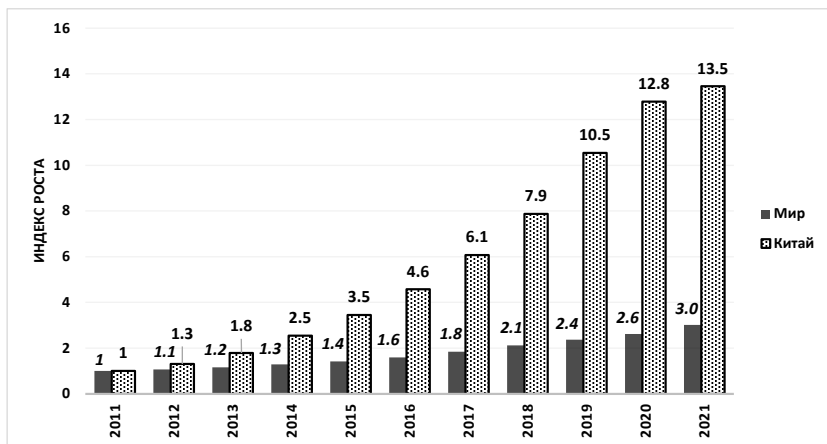
Интерес к робототехнике возрос в середине 1980-х гг. Именно в этот период были заложены основы современных промышленных роботов: они превратились из простых механических устройств, запрограммированных на выполнение повторяющихся задач, в более сложные машины, обладающие «ограниченным интеллектом» [2].

В настоящее время большая часть промышленных роботов используется для выполнения погрузочно-разгрузочных операций (44% общего парка роботов в 2020 г.). Также много роботов занимаются сваркой (22%) и сборкой (11%), рис. 1.

За последнее десятилетие мировой парк промышленных роботов вырос в 3 раза, и, по прогнозам, в ближайшие 10 лет он будет расти еще быстрее благодаря рекордным темпам установки роботов в Китае, где за период с 2011 по 2021 г. этот показатель вырос в 13.5 раз — с 74.3 тыс. ед. до 1 млн ед. (рис. 2).



**Рис. 1.** Структура парка промышленных роботов по выполняемым операциям в 2020 г. (%). Источник: рассчитано автором по данным [3].

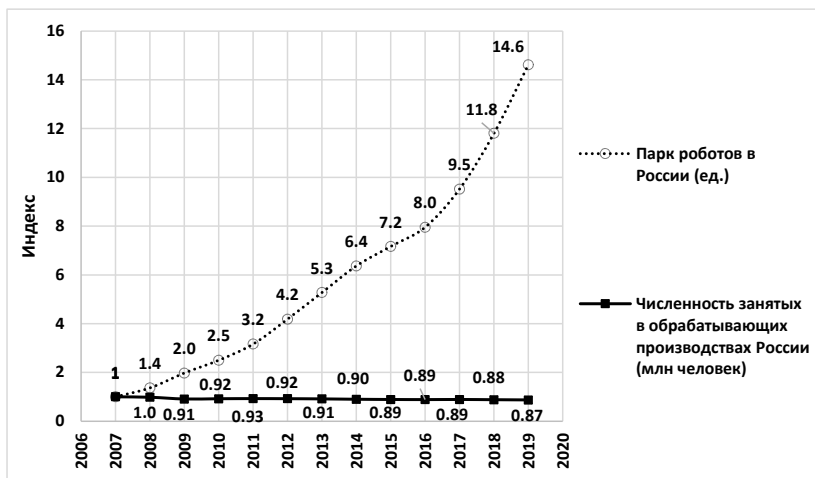


**Рис. 2.** Индексы роста парка промышленных роботов в мире и Китае (2011 г. = 1). Источник: рассчитано автором по данным IFR.

В настоящее время многие исследователи считают, что существует угроза технологической безработицы, однако она не одинакова для всех стран и связана с уровнем экономического развития того или иного государства. По их мнению, страны с более низким ВВП на душу населения характеризуются более высоким процентом людей, подверженных риску замещения их рабочих мест роботами. При рассмотрении того, сколько рабочих мест может быть потенциально автоматизировано в следующие два десятилетия, в научной литературе приводятся оценки от 47% [4] до 9% для США [5]. По оценкам консалтинговой компании McKinsey, потенциал роботизации в Японии составляет 55%, в Индии — 52%, в Китае — 51% [6].

По оценке, приведенной в работе [7], в 2017 г. этот показатель для России составил 50%, что означало возможную потерю рабочих мест для 35.4 млн человек. При этом к 2055 г. больше всего процесс роботизации, по мнению авторов, может затронуть сферу производства и розничной торговли. Однако эти прогнозы вызывают большие сомнения, так как требуется проведение дополнительных исследований, см. ниже.

На рис. 3 представлена динамика роста численности занятых в обрабатывающих производствах и парка ПР в России. При сокращении численности занятых на 13%, парк ПР вырос в 14.6 раза за период 2007–2019 гг. Однако Россия отстает по уровню развития роботизации от многих развитых стран. Например, в Китае парк ПР в 2019 г. превосходил российский более чем в 125 раз, в Германии — в 35.8 раза, в Италии — в 12 раз, во Франции — в 6.8 раза. При этом в Италии и Франции численность занятых в обрабатывающей промышленности также сократилась за период 2007–2019 гг. — на 12% и 14% соответственно. Хотя численность занятых и снижается, а парк ПР растет, было бы ошибкой утверждать, что это связано с робототехникой. Снижение численности занятых в обрабатывающей промышленности России вызвано другими причинами — сокращением объемов производства, закрытием многих предприятий, ориентацией на импорт машин и оборудования.



**Рис. 3.** Индексы роста численности занятых в обрабатывающих производствах и парка роботов в России (2007 г. = 1). Источник: рассчитано автором по данным IFR и Росстата.

Рассмотрим проблему влияния роботизации на сокращение рабочих мест в промышленности подробнее. Исследования, основанные на микроэкономических данных, как правило, обнаруживают нейтральную или положительную корреляцию между занятостью и распространением ПР, предполагая взаимодополняемость между ПР и рабочими местами, даже для низкоквалифицированной занятости (например, работы Dauth и др. [8], Domini и др. [9], Jäger и др. [10], Koch и др. [11]). Напротив, исследования, основанные на агрегированных данных, обычно измеряемых на отраслевом и национальном уровнях, как правило, обнаруживают отрицательную корреляцию между ПР и занятостью, особенно для низкоквалифицированных работников (работы Acemoglu и Restrepo [12], Chiacchio [13], Graetz и Michaels [14]).

Еще в работе Пелаэса А.Л. [15, с.70] говорилось, что «при роботизации производства возникает потребность в специалистах с профессиональными навыками в области планирования проектов, технического обслуживания, оптимизации процессов и т.д. при максимальном исключении профессий, связанных с использованием ручного труда».

В работе [8] авторы не нашли доказательств того, что ПР приводят к полной потере рабочих мест в Германии, но сделали вывод, что ПР влияют на состав совокупной занятости. Каждый ПР уничтожает два производственных рабочих места. На это приходится почти 23% общего сокращения занятости в обрабатывающей промышленности страны за период 1994–2014 гг. (примерно 275 тыс. рабочих мест). Но эта потеря была полностью компенсирована дополнительными рабочими местами в сфере услуг. ПР не увеличили риск увольнения действующих рабочих на производстве. Напротив, большее количество работников, подвергающихся воздействию ПР, с большей вероятностью останутся занятыми на своем первоначальном рабочем месте, хотя и не обязательно будут выполнять те же задачи, а снижение производительности труда обусловлено исключительно меньшим количеством новых рабочих мест для молодых участников рынка труда.

Роджерс и Фримен [16] оценивали влияние автоматизации в США за 2009–2017 гг., когда использование ПР в стране увеличилось более чем вдвое. Они сделали несколько выводов: 1) хотя ПР и появляются, но пока мало доказательств того, что рост роботизации ведет к массовому сокращению рабочих мест; 2) ПР могут оказывать незначительное влияние на занятость в стране в целом, однако рост роботизации в большей степени затрагивает определенные отрасли и регионы, и определенные группы работников непропорционально страдают от негативных последствий этого роста; 3) экономический бум последнего десятилетия эффективно «замаскировал» некоторые последствия, которые ПР оказали на работников.

В статье [17] проанализировано влияние ПР на занятость в Китае. На основе данных 2016 г. авторы делают вывод, что в Китае автоматизации «подвержены» до 77% рабочих мест. Ярким примером этого служит ситуация в компании Foxconn, где собирают продукцию Apple. В период 2012–2016 гг. производитель iPhone заменил более 400 тыс. рабочих мест в Китае роботами в рамках усилий по достижению 30%-ой автоматизации производства к 2020 г. Также авторы отмечают, что воздействие ПР снижает почасовой доход (на 9%), но не влияет на годовой доход, потому что пострадавшие — в основном низкоквалифицированные работники мужского пола, работники предпенсионного и пожилого возраста – как правило, работают дольше, чтобы компенсировать более низкую заработную плату.

**Проблемы использования моделей для анализа зависимости численности занятых от роботизации производства.** В данной работе построены различные модели для оценки взаимного влияния роботизации и рынка труда. Использовались данные NSF (добавленная стоимость в автомобильной промышленности [18]), OICA (производство автомобилей [19]), OECD (численность занятых и объем производства отрасли [20]), IFR (плотность роботизации [21]).

Для США, Франции и Великобритании за период 1995–2012 г. была построена модель зависимости численности занятых в автомобильной промышленности от плотности роботизации в этой отрасли и производства автомобилей вида

$$Y_l = a + b \cdot x_1 + c \cdot x_2, \quad (1)$$

где  $Y_l$  — численность занятых в автомобильной промышленности (тыс. человек),  $x_1$  — плотность роботизации в этой отрасли (ед.),  $x_2$  — производство автомобилей (ед.). Данные пересчитаны в индексы (1995 г. = 1), результаты представлены в табл. 1.

**Таблица 1.** Оценки параметров модели (1), в скобках здесь и далее указаны t-статистики.

Показатель	США	Франция	Великобритания
a	0.6 (4.7)	0.62 (8.9)	0.39 (2.2)
b	-0.13 (-5.6)	-0.03 (-5.0)	-0.07 (-4.4)
c	0.57 (5.8)	0.49 (7.6)	0.74 (5.0)
R <sup>2</sup>	0.95	0.91	0.84

Результаты моделирования показывают, что увеличение плотности роботизации в автомобильной промышленности этих стран приводит к сокращению численности занятых, а рост производства автомобилей положительно коррелирует с численностью занятых.

Однако эту модель нельзя использовать для того, чтобы доказать снижение численности занятых при росте плотности роботизации, так как в начале рассматриваемого периода (примерно до 2000 г.) у всех трех стран наблюдался рост численности занятых с увеличением плотности роботизации, а затем тенденция изменилась на противоположную из-за развития аутсорсинга.

Также исследовалась зависимость численности занятых, необходимой для производства одного автомобиля, от стоимости выпуска одной машины

и количества роботов на одного занятого. Были рассмотрены пространственные данные для 15 стран (Франция, Италия, Япония, Германия, Испания, Швеция, США, Великобритания, Южная Корея, Канада, Польша, Словакия, Финляндия, Венгрия и Турция) за 2012, 2015 и 2017 гг., а также перекрестная выборка за эти 3 года. Модель имеет следующий вид:

$$Y_2 = a + b \cdot x_3 + c \cdot x_4 \quad (2)$$

где  $Y_2$  — численность занятых для производства одной машины (человек),  $x_3$  — стоимость производства одной машины (млн долл.),  $x_4$  — количество роботов на одного занятого в автомобильной промышленности (ед.). Результаты моделирования представлены в табл. 2.

**Таблица 2.** Оценки параметров модели (2).

Показатель	2012 г.	2015 г.	2017 г.	В целом за три года
a	0.13 (2.2)	0.2 (6.1)	0.2 (4.2)	0.1 (3.8)
b	12.2 (19.4)	4.8 (4.1)	4.5 (2.5)	11.4 (20.0)
c	-1.7 (-2.6)	-1.9 (-4.9)	-1.2 (-3.2)	-1.5 (-4.4)
R <sup>2</sup>	0.97	0.77	0.59	0.91

В этой модели численность занятых также отрицательно коррелирует с количеством ПР и положительно коррелирует с ВДС в расчете на один автомобиль. Анализ данных показывает, что хотя для некоторых стран численность занятых для производства одного автомобиля и снижается с ростом количества ПР, но для ряда стран это значение постоянно.

Кроме того, исследовалось влияние роботизации на производительность труда в обрабатывающей промышленности в целом и отдельно для автомобильной и электронной промышленности в 2017 г.

Для обрабатывающей промышленности модель построена по данным 14 стран (Франция, Италия, Испания, Швеция, Великобритания, США, Австрия, Словакия, Финляндия, Венгрия, Чехия, Словения, Польша и Португалия); для автомобильной - по данным 16 стран: Франция, Германия, Италия, Япония, Испания, Швеция, Великобритания, США, Южная Корея, Канада, Словакия, Польша, Турция, Финляндия, Венгрия, Австрия; для электронной — по данным 8 стран: Германия, Япония, Южная Корея, США, Швеция, Италия, Австрия и Канада.



Модель имеет вид:

$$Y_3 = a + b \cdot x_5, \quad (3)$$

где  $Y_3$  — производительность труда в отрасли (тыс. долл. на одного человека),  $x_5$  — плотность роботизации в отрасли (ед. на 10 тыс. занятых). Результаты моделирования представлены в табл. 3.

**Таблица 3.** Оценки параметров модели (3).

Показатель	Автомобильная промышленность	Электронная промышленность	Обрабатывающая промышленность
a	32.17 (1.75)	97.0 (1.9)	29.58 (0.51)
b	0.08 (4.62)	1.36 (6.4)	1.72 (4.28)
R <sup>2</sup>	0.6	0.87	0.6

С помощью построенной модели для каждой отрасли была получена положительная корреляция между плотностью роботизации и производительностью труда. Хотя в результате моделирования и получилось, что рост плотности роботизации в обрабатывающей промышленности приводит к большему повышению производительности труда, чем в автомобильной и электронной промышленности, сделать однозначные выводы нельзя. В электронной промышленности высокий коэффициент детерминации получен за счет показателей Южной Кореи, а без учета этой страны корреляция между производительностью труда и плотностью роботизации отсутствует. Поэтому необходимо исследовать влияние других факторов.

**Заключение.** В настоящее время растет число исследований, которые начинают подтверждать идею о том, что роботы повышают производительность, заработную плату и даже общий спрос на рабочую силу, но в основном приносят пользу высококвалифицированным работникам. Расширение сферы применения роботов должно побудить людей развивать свои сравнительные преимущества перед машинами. Некоторые потери рабочих мест в одной фирме или секторе потенциально могут быть компенсированы созданием новых рабочих мест в других фирмах или секторах.

При оценке влияния роботизации на численность занятых необходимо учитывать особенности развития экономики отдельных стран. Также в каждой стране могут быть свои причины для внедрения роботов. Например, на заводах Южной Кореи планируют заменить людей роботами в связи с вступлением в силу закона о наказании за серьезные несчастные случаи с

работчиками на производстве. Согласно ему, руководителей будут наказывать за это, вплоть до тюремного заключения. Поэтому в настоящее время в стране увеличились инвестиции в роботов [22].

Таким образом, влияние роботизации на занятость не является однозначным и для его оценки требуются дополнительные исследования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Головенчик Г.Г. Трансформация рынка труда в цифровой экономике // *Цифровая трансформация*. 2018. № 4 (5). С. 27–43.
2. A History of Industrial Robots. URL: <https://www.wevolver.com/article/a-history-of-industrial-robots>
3. *Appendino D.* Robotica industriale: i dati italiani e mondiali. URL: <https://www.robosiri.it/wp-content/uploads/2022/01/16.11.2021-Conf.-Stampa-tutto.pdf>
4. *Frey C., Osborne M.* The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerization? // *Technological Forecasting and Social Change*. 2017. Vol.114. Pp. 254-280.
5. *Arntz M., Terry G., Zieyahn U.* The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries. OECD Social, Employment and Migration Working Papers. 2016. No. 189.
6. McKinsey Global Institute. A future that works: automation, employment, and productivity. URL: <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/featured%20insights/Digital%20Disruption/Harnessing%20automation%20for%20a%20future%20that%20works/A-future-that-works-Full-report-MGI-January-2017.ashx>
7. *Круглов Д.В., Воротынская А.М., Поздеева Е.А.* Влияние роботизации на рынок труда // *Известия СПбГЭУ*. 2017. №6 (108).
8. *Dauth W., Findeisen S., Südekum J., Wößner N.* German robots: the impact of industrial robots on workers. IAB Discussion Paper No. 30/2017.
9. *Domini G., Grazi M., Moschella D., Treibich T.* Threats and opportunities in the digital era: automation spikes and employment dynamics // LEM Working Paper Series 2019/22, Sant'Anna School of Advanced Studies. 2019.
10. *Jäger A., Moll C., Lerch, C.* Analysis of the impact of robotic systems on employment in the European Union—2012 data update. Publications Office of the European Union. 2016.
11. *Koch M., Manuylov I., Smolka M.* Robots and firms, CESifo Working Paper No. 7608. 2019.
12. *Acemoglu D., Restrepo P.* Robots and jobs: Evidence from US labor markets // *Journal of Political Economy* (advance online publication). 2019. Vol. 128 (6). Pp. 2188-2244.

13. *Chiacchio F., Petropoulos G. & Pichler D.* The impact of industrial robots on EU employment and wages: a local labour market approach. Bruegel Working Paper Issue 2, April 2018.
14. *Graetz G., Michaels G.* Robots at work // *Review of Economics and Statistics*. 2018. Vol.100(5). pp.753-768.
15. *Пелаэс А.Л.* Роботизированный труд: перспективы промышленного производства в зарождающемся технологическом обществе / пер. И. Ю. Жилина // *Социальные и гуманитарные науки. Отечественная и зарубежная литература. Серия 2: Экономика. Реферативный журнал.* – 1997. – № 4. – С. 69-72.
16. *Freeman, R., Rodgers, W.* How Robots Are Beginning to Affect Workers and Their Wages // *The Century Foundation*. 2019. URL: [https://production-tcf.imgix.net/app/uploads/2019/10/22171153/Robots\\_Final.pdf](https://production-tcf.imgix.net/app/uploads/2019/10/22171153/Robots_Final.pdf)
17. *Giuntella, O., Lu, Y., & Wang, T.* How do Workers and Households Adjust to Robots? Evidence from China// NBER Working Paper No. 30707, 2022. doi: 10.3386/w30707
18. NSF (National Science Foundation). URL: <https://www.nsf.gov>
19. OICA (International Organization of Motor Vehicle Manufacturers). URL: <https://www.oica.net/production-statistics/>
20. OECD STAN Industrial Analysis 2020 ed. URL: [https://stats.oecd.org/viewhtml.aspx?datasetcode=STANI4\\_2020&lang=en](https://stats.oecd.org/viewhtml.aspx?datasetcode=STANI4_2020&lang=en)
21. IFR (International Federation of Robotics). URL: <https://ifr.org/>
22. Man, move over: South Korean factories are in a hurry to replace people with robots. URL: <https://globalhappenings.com/technology/204734.html>

## THE IMPACT OF ROBOTIZATION ON EMPLOYMENT

**Dubinina V.V.**

*In this work, the influence of robotization processes on labor productivity in various industries (manufacturing, automotive, electronics) was studied, and models were built for the dependence of the number of employees in the automotive industry on the robot density in this industry and car production. It is shown that based on the results obtained, it is impossible to draw clear conclusions about the impact of robotization on employment and it is necessary to take into account additional factors.*