

РОБОТИЗАЦИЯ ОБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ В СТРАНАХ ЕС

Дубинина В.В.

В данной работе проведен анализ распространения промышленных роботов в обрабатывающих производствах стран Европейского Союза, а также моделирование взаимосвязи плотности роботизации с показателями экономического развития этих стран.

doi: 10.20537/mce2025econ06

Введение. Промышленные роботы (ПР) играют важную роль в обрабатывающей промышленности (ОП), внося особый вклад в экономическое развитие стран, повышая производительность и улучшая качество готовой продукции. Широкому внедрению ПР способствует снижение цен на них и их компоненты (датчики, экраны, процессоры), сокращение сроков окупаемости. Кроме того, инвестиции в ПР все чаще рассматриваются как альтернатива найму персонала, что характерно как для развитых, так и развивающихся стран.

ПР становятся более востребованными в других отраслях промышленности, помимо автомобильной и электронной. Ожидается, что доля ПР в автомобильной промышленности (где производство уже на 95% автоматизировано) снизится в пользу других отраслей, где уровень автоматизации все еще низкий [1].

Развитие роботизации в странах Европы связано с их развитой автомобильной промышленностью, где в основном применяются ПР, а также с ниапорингом (nearshoring), когда производства размещаются в близко расположенных странах, где ниже себестоимость. При этом можно выделить два этапа развития: 1) с 1995 по 2005 г., когда небольшие страны в основном догоняли крупные экономики, такие как Германия; и 2) с 2006 г. по настоящее время, когда в странах Центральной и Восточной Европы (ЦВЕ) стали активнее роботизировать предприятия [2].

По индексу роста парка ПР в 1995–2005 гг. страны ЦВЕ (за исключением Чехии) существенно отставали от ведущих европейских стран (Германии, Испании, Франции и Италии). Однако в 2006–2019 гг.

рост парка ПР в ЦВЕ значительно ускорился (табл. 1). Парк ПР в странах ЦВЕ в период 2006-2019 гг. вырос в 7.8–58.8 раза, в то время как в ведущих странах ЕС — в 1.2–2.3 раза.

Таблица 1. Индекс роста парка ПР в странах ЕС. Источник: рассчитано по данным IFR [3].

Страна	2005/1995	2019/2006
Румыния	...	58.8
Венгрия	1.9	15.6
Словакия	1.1	14.0
Польша	1.7	13.0
Чехия	5.3	7.8
Дания	4.0	2.3
Германия	2.5	1.7
Испания	4.9	1.4
Франция	2.3	1.3
Италия	2.4	1.2

В качестве показателя, отражающего прогресс автоматизации по всему миру, используется плотность роботизации (количество роботов на 10 тыс. занятых). Этот показатель отражает технический прогресс страны и ее способность использовать инновации для повышения эффективности и конкурентоспособности в промышленном секторе [4].

Одним из факторов, влияющих на рост плотности роботизации, является рост заработной платы. В табл. 2 представлена динамика заработной платы и плотности роботизации в ОП для стран ЕС. За период 2012-2023 гг. заработная плата в ОП выросла во всех рассмотренных странах ЕС, но больше всего — в Болгарии (в 2.86 раза), где плотность роботизации за тот же период увеличилась в 11.5 раза. В Румынии также увеличение заработной платы в ОП (в 2.59 раза) сопровождалось значительным ростом плотности роботизации (в 7 раз).

Таблица 2. Динамика заработной платы (евро в час) и плотности роботизации (ед. на 10 тыс. занятых) в ОП. Источник: данные ¹⁾ Eurostat [5] и ²⁾ IFR [3].

Страна	Заработная плата в ОП, евро в час ¹⁾			Плотность роботизации в ОП, ед. на 10 тыс. занятых ²⁾		
	2012	2023	2023/2012	2012	2023	2023/2012
Германия	35	46.2	1.32	273	429	1.57
Швеция	41.4	42.9	1.04	169	347	2.05
Дания	40.2	51.6	1.28	160	306	1.91
Словения	14.6	26	1.78	83	306	3.69
Нидерланды	33.1	44.7	1.35	85	264	3.11
Австрия	32.4	46.2	1.43	111	245	2.21
Италия	26.8	30.4	1.13	157	228	1.45
Бельгия	42	49.7	1.18	85	224	2.64
Чехия	9.7	18.5	1.91	61	207	3.39
Словакия	8.9	16.8	1.89	53	201	3.79
Франция	35.7	44.6	1.25	130	186	1.43
Испания	22.4	25.9	1.16	145	174	1.20
Финляндия	35	41.5	1.19	123	173	1.41
Венгрия	7.5	13.6	1.81	41	133	3.24
Польша	6.8	13.2	1.94	16	78	4.88
Болгария	2.8	8	2.86	2	23	11.50
Румыния	3.7	9.6	2.59	6	42	7.00
Хорватия	8	15.1	1.89	4

Темпы внедрения ПР слабее в европейских странах с низкой заработной платой, трудоемкими отраслями и слабой инновационной деятельностью. На рис. 1 показано, что в странах с высокой заработной платой наблюдается и высокая плотность роботизации. Получается, что фактор производства со снижающимися ценами (ПР) заменяет другие факторы с высокими ценами (человеческий труд).

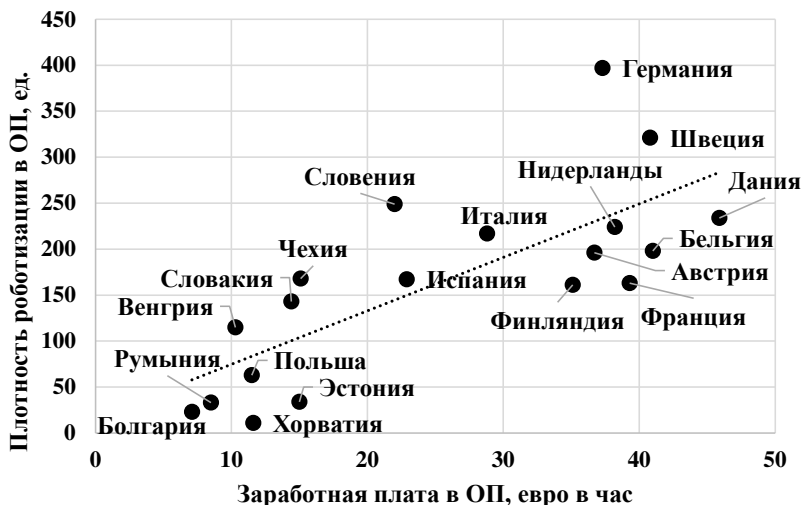


Рис. 1. Взаимосвязь плотности роботизации в ОП (ед. на 10 тыс. занятых) с заработной платой в ОП (евро в час), 2023 г. Источник: построено по данным [3, 5].

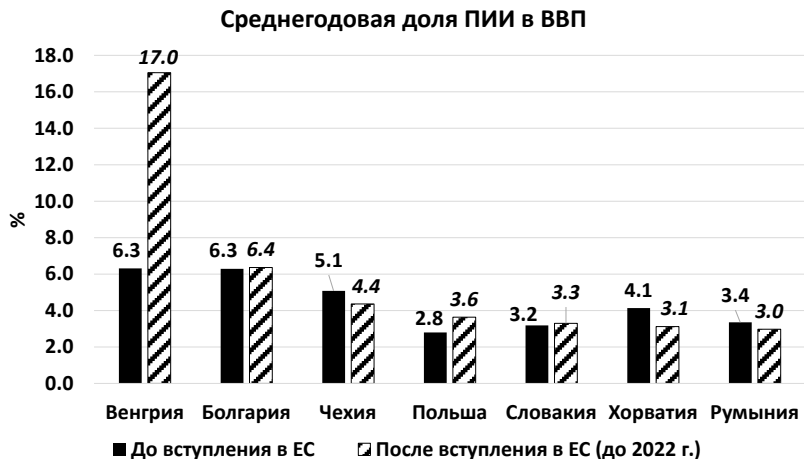


Рис. 2. Среднегодовые доли ПИИ в ВВП (%) стран ЦВЕ до и после их вступления в ЕС. Источник: построено по данным World Bank [6].

Еще одним фактором, способствующим росту плотности роботизации, является приток прямых иностранных инвестиций (ПИИ). Вступление стран ЦВЕ в ЕС сопровождалось увеличением ПИИ, что привело к смещению в сторону высокотехнологичного производства и росту экспорта промышленных товаров. На рис. 2 представлены среднегодовые значения доли ПИИ в ВВП до и после вступления стран в ЕС. Чехия, Венгрия, Словения, Словакия и Польша вступили в ЕС в 2004 г., Румыния и Болгария — в 2007 г., Хорватия — в 2013 г. Наиболее значительный рост ПИИ наблюдался в Венгрии (в 2.7 раза).

В связи с притоком ПИИ увеличилась и плотность роботизации в странах ЦВЕ. Если в 1995–2000 гг. лидерами были Германия, Швеция и Италия, то с 2005 г. этот показатель в странах ЦВЕ начал понемногу увеличиваться и к 2021 г. Словения превзошла показатели как Дании, так и Италии, а Чехия — Испании и Франции (рис. 3).

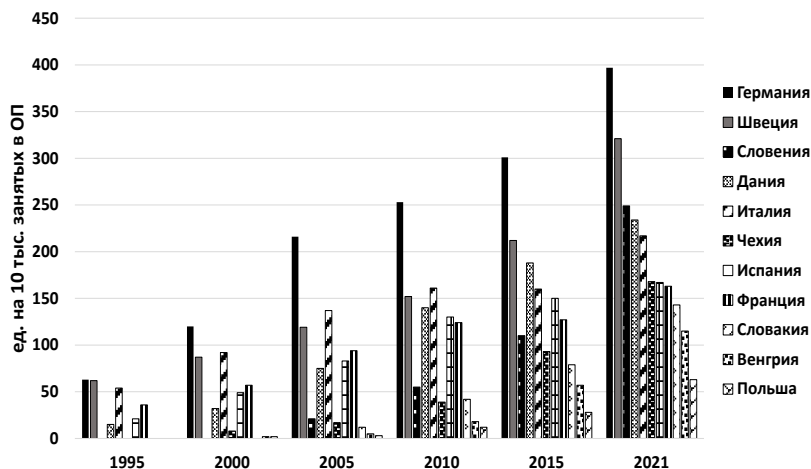


Рис. 3. Плотность роботизации в ОП в странах ЕС, 1995–2021 гг. Источник: построено по данным [3].

При этом большая часть ПИИ приходилась на автомобильную промышленность. В странах ЦВЕ разместили свои производства многие автомобильные компании (BMW, Volkswagen, Renault, Audi, Ford и др.).

Например, на заводе Suzuki в Венгрии используется 770 ПР, а некоторые из закрытых цехов полностью роботизированы [7]. В кузовном

цехе завода Jaguar Land Rover в Словакии используется 624 ПР [8], на заводе Volkswagen — 1500 ПР, Kia — более 500 ПР. В Словении более 600 ПР установлены на заводе Renault, в Румынии — более 800 ПР на заводе Dacia и 600 ПР — на заводе Ford, где кузовной цех автоматизирован на 90% [9].

Автомобильная промышленность является наиболее роботизированной отраслью. В 2020 г. примерно 55% автомобильных предприятий Чехии использовали ПР, в Словакии — 77%. При этом ПР в основном заняты сборкой: в Словакии, Румынии и Венгрии более 70% роботов задействованы в сборке, тогда как в среднем по Европе этот показатель составляет 61% [10].

В 2021 г. лидерами по плотности роботизации в автомобильной промышленности были Германия (1500 ед.) и Словения (1478 ед.), при этом с 2006 г. по 2021 г. этот показатель больше всего вырос в Венгрии — в 9 раз (с 42 до 380 ед.) [3].

Моделирование взаимосвязи плотности роботизации в ОП с экономическими показателями развития стран ЕС. По данным IFR и World Bank для стран ЕС были построены модели взаимосвязи плотности роботизации со следующими экономическими показателями их развития: с долей экспорта товаров и услуг в ВВП (%), чистым притоком ПИИ (% ВВП), долей затрат на НИОКР в ВВП (%).

Для Германии и Италии за период с 1980 по 2022 г. построена модель взаимосвязи плотности роботизации в ОП с долей экспорта товаров и услуг в ВВП и фактором времени вида

$$Y = a + b \cdot x_1 + c \cdot (t-1979) + d \cdot D, \quad (1)$$

где Y — плотность роботизации в ОП страны (ед. на 10 тыс. занятых в ОП), x_1 — доля экспорта товаров и услуг в ВВП (%), t — год, D — фиктивная переменная, равная 1 в 2008–2009 гг. и 0 в остальные годы.

Полученные оценки параметров модели (1) для обеих стран представлены в табл. 3.

Таблица 3. Оценки параметров модели (1) для Германии и Италии, в скобках указаны t -статистики.

Параметры	Германия	Италия
a	-142.2 (-9.6)	-54.2 (-4.0)
b	5.2 (5.6)	1.6 (2.04)
c	5.9 (7.1)	5.2 (17.9)
D	–	22.6 (3.0)
R ²	0.98	0.98

В результате рост доли экспорта товаров и услуг в ВВП на 1% приводит к увеличению плотности роботизации в Германии на 5.2 ед., в Италии — на 1.6 ед.

Для стран, которые позже вступили в ЕС, построена модель взаимосвязи плотности роботизации в ОП с ПИИ и временем вида

$$Y = a + b \cdot x_2 + c \cdot (t-1991), \quad (2)$$

где Y — плотность роботизации в ОП страны (ед. на 10 тыс. занятых в ОП), x_2 — чистый приток ПИИ (% ВВП), t — год.

Значимая положительная взаимосвязь получена для Венгрии, Румынии, Словакии и Хорватии, а оценки параметров модели (2) представлены в табл. 4.

Таблица 4. Оценки параметров модели (2) для Венгрии, Румынии, Словакии и Хорватии, в скобках указаны t -статистики.

Параметры	Венгрия	Румыния	Словакия	Хорватия
Период	2004-2021	2007-2021	2004-2021	2006-2021
a	-104.8 (-11.2)	-46.6 (-12.1)	-205.5 (-7.1)	-10.8 (-12.5)
b	0.1 (2.03)	1.2 (2.9)	4.4 (2.02)	0.2 (3.2)
c	7.0 (16.3)	2.4 (16.9)	12.6 (11.6)	0.7 (20.0)
R ²	0.95	0.96	0.93	0.97

Прирост чистого притока ПИИ в ВВП на 1% увеличивает плотность роботизации в Словакии на 4.4 ед., в Румынии — на 1.2 ед., в Хорватии — на 0.2, в Венгрии — на 0.1 ед. Ежегодный прирост плотности роботизации также выше в Словакии — 12.6 ед.

Кроме того, построена модель взаимосвязи плотности роботизации в ОП с долей затрат на НИОКР в ВВП и со временем для Испании, Швеции, Хорватии и Румынии вида

$$Y = a + b \cdot x_3 + c \cdot (t-1991), \quad (3)$$

где Y — плотность роботизации в ОП страны (ед. на 10 тыс. занятых в ОП), x_3 — доля затрат на НИОКР в ВВП (%), t — год.

В результате получена значимая положительная взаимосвязь показателей, оценки параметров модели (3) представлены в табл. 5.

Таблица 5. Оценки параметров модели (3) для Испании, Швеции, Хорватии и Румынии, в скобках указаны t-статистики.

Параметры	Испания	Швеция	Хорватия	Румыния
Период	1996-2021	2003-2021	2007-2021	2007-2021
a	-40.1 (-3.1)	-347.7 (-5.5)	-12.1 (-19.0)	-50.7 (-7.2)
b	43.0 (2.6)	87.5 (4.8)	5.1 (5.0)	28.2 (2.2)
c	5.8 (13.2)	11.6 (28.1)	0.5 (13.8)	2.1 (15.4)
R ²	0.98	0.98	0.98	0.96

При росте доли затрат на НИОКР в ВВП на 1% наиболее значительный прирост плотности роботизации получен для Швеции (на 87.5 ед.), в Испании — 43 ед., Румынии — 28.2 ед. Воздействие всех остальных факторов также выше в Швеции и Испании.

Заключение. Таким образом, рост плотности роботизации в ОП стран ЕС, которые раньше начали этот процесс, больше связан с долей экспорта товаров и услуг (например, Германия и Италия) и с долей затрат на НИОКР в ВВП (Швеция, Испания), а в странах ЦВЕ – с притоком прямых иностранных инвестиций.

При этом рост плотности роботизации в странах ЦВЕ в последние годы опережает рост этого показателя в других странах Европы, что связано с более поздним внедрением ПР и ростом заработной платы в ОП. Однако рост количества ПР должен подкрепляться инновациями и производством собственных роботизированных систем, чтобы не зависеть от иностранных поставщиков технологий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Industrial robots: the start of a megatrend. URL: <https://cpram.com/fra/en/individual/publications/megatrends/industrial-robots-the-start-of-a-megatrend>
2. Where are those robots? Towards Europe's Robot Geography. URL: <https://iri.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/inline-files/Where%20are%20those%20robots-Towards%20Europe%27s%20Robot%20Geography.pdf>
3. International Federation of Robotics (IFR). URL: <https://ifr.org/>
4. Densità globale di robot: confronto tra robot industriali: uno sguardo al futuro dell'automazione nell'industria. URL: <https://xpert.digital/it/confronto-globale-della-densita-dei-robot/>
5. Eurostat. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/en/>

6. World Bank. URL: <https://data.worldbank.org/>
7. Special vehicles on the ground, in the water and in the air: Esztergom hosts “Then and Now” Vehicle Expo again. URL: <https://www.suzuki.hu/corporate/en/news/special-vehicles-on-the-ground-in-the-water-and-in-the-air-esztergom-hosts-then-and-now-vehicle-expo-again>
8. Inside Land Rover’s Defender factory: they don’t make ‘em where they used to. URL: <https://www.carmagazine.co.uk/features/car-culture/inside-land-rover-defender-factory/>
9. Ford Romania: Mobility Mastery. URL: <https://www.emeoutlookmag.com/company-profiles/303-ford-romania>
10. Cséfalvay Z. Robotization in Central and Eastern Europe: catching up or dependence? // *European Planning Studies*. 2019. 28(8). P. 1534–1553. doi: 10.1080/09654313.2019.1694647.

ROBOTIZATION OF MANUFACTURING IN EU COUNTRIES

Dubinina V.V.

This paper analyzes the spread of industrial robots in manufacturing in the countries of the European Union, as well as models the relationship between robot density and economic development indicators in these countries.