

УДК 330.3:316.42

DOI: 10.31249/kgt/2025.02.02

Социально-экономические детерминанты промышленной автоматизации

Илья Петрович УДОВЕНКО

кандидат педагогических наук, ведущий научный сотрудник

Образовательное учреждение профсоюзов высшего образования

«Академия труда и социальных отношений»

ул. Лобачевского, д. 90, г. Москва, Российская Федерация, 119454

E-mail: UdovenkoIP@yandex.ru

ORCID: 0000-0001-7477-2562

ЦИТИРОВАНИЕ: Удовенко И.П. Социально-экономические детерминанты промышленной автоматизации // Контуры глобальных трансформаций: политика, экономика, право. 2025. Т. 18. № 2. С. 24–43.
DOI: 10.31249/kgt/2025.02.02

Статья поступила в редакцию 25.03.2025.

Исправленный текст представлен 23.06.2025.

АННОТАЦИЯ. В статье исследуется взаимосвязь социально-экономического развития и нового витка промышленной автоматизации на примере Японии, Республики Корея, Китая, Соединённых Штатов, Германии и Индии. Проводится корреляционный анализ темпов промышленной роботизации и динамики изменения возрастного состава населения, безработицы и добавленной стоимости в промышленности, инвестиций в исследования и разработки, на основе которого выявляются фоновые и ведущие социально-экономические детерминанты производственной автоматизации. Автор приходит к выводу, что динамика демографических процессов оказывает на современном этапе фоновое влияние на темпы промышленной автоматизации. Возможность формирования человеческого капита-

ла в промышленно развитых странах с естественным приростом населения становится ориентиром для инвестиций в исследования и разработки. Однако изменения возрастной структуры населения демонстрируют слабую и умеренную корреляционную связь с темпами установок промышленных роботов. Оживление промышленной автоматизации во втором десятилетии XXI в. в странах, находящихся на разных стадиях демографического перехода, свидетельствует о ведущей роли других факторов. К ним можно отнести возможность повышения добавленной стоимости в промышленности и наличие рабочей силы на рынке труда в целом, которые определяют эффективность инвестиций в установку промышленных роботов. На основе данного вывода делается прогноз о появлении институционального

фактора, повышение значимости которого будет приводить к снижению темпов инвестиций в автоматизацию промышленности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *промышленная автоматизация, демографические изменения, факторы производства, безработица, занятость, добавленная стоимость, инвестиции в исследования и разработки, алгоритмическая занятость, роботизация, коботы.*

Введение

Автоматизация является ключевым процессом в промышленности на протяжении уже нескольких столетий. Однако система социально-экономических связей современного этапа промышленной автоматизации, начавшегося в середине второго десятилетия XXI в., остается своего рода лакуной. Исследователи только предпринимают попытки выработки согласованного подхода, объясняющего закономерности таких связей.

Так, например, А. Акимов пришел к выводу, что внедрение трудосберегающих технологий, включая робототехнику и искусственный интеллект, позволит снять ограничение для экономического роста, связанное со старением населения в развитых странах и в Восточной Азии [Акимов, 2016]. А. Абельянски и К. Претнер разработали модель, согласно которой страны, сталкивающиеся со старением населения, имеют более сильный стимул к инвестициям в трудосберегающие технологии [Abeliansky, Prettnner, 2017].

Другие исследователи в большей степени концентрируются не на изменениях структуры народонаселения, а на факторах занятости и инвестиций в исследования и разработки. М. Глотов и И. Данилин в качестве таких связей отмечают возможность снижения занятости и доходов низко- и среднеквали-

фицированных кадров при внедрении передовых технологий промышленной автоматизации в совокупности с ростом прямых иностранных инвестиций в более «дешевых» странах [Данилин, Глотов, 2017]. При этом Н. Цветкова полагает, что при высокоавтоматизированном производстве дешевизна рабочей силы мало влияет на уровень издержек, поэтому прогнозы о повсеместном распространении автоматизации не оправданы [Цветкова, 2017].

Незначительность вклада отрасли производства робототехники в мировой валовой продукт становится основой для подхода, который отрицает сколь-либо значимое влияние современного углубления промышленной автоматизации на социально-экономическое развитие. По мнению В. Варнавского, робототехника по степени воздействия на воспроизводственные процессы и социум вообще не имеет потенциала стать драйвером мировой экономики [Варнавский, 2025].

Рассматривая данный дискурс, можно сделать заключение о непродуктивности выработки однофакторного подхода. В свою очередь, многофакторный подход предполагает, что автоматизация активизирует не только замещение, но и восстановление труда, динамика которых зависит и от тенденций преобразования демографической структуры, и от характера распределения доходов в экономике по всей производственной цепочке создания стоимости.

С одной стороны, труд замещается вследствие автоматизации операций человека, а с другой – восстанавливается из-за появления новых рабочих мест, связанных с обеспечением сбыта возрастающего выпуска продукции и поддержкой новых технологических процессов [Holger, Hoda, 2023]. При этом усиливающиеся ограничения для воспроизводства рабочей

силы становятся предпосылкой роста инвестиций в исследования и разработки, важную роль при этом играют институциональные факторы, оказывающие влияние на характер распределения в экономике [Acemoglu, 2025].

Макро- и микроуровень промышленной роботизации

В последние десятилетия на фоне общего увеличения мировой рабочей силы отмечается тенденция роста как парка промышленных роботов, так

и занятости людей в промышленности (таблица 1). Корреляционный анализ данных с 1994 по 2023 г. свидетельствует о наличии сильной связи между этими показателями даже с учетом того, что в число занятых в промышленности входят работники предприятий, не охваченных современной автоматизацией (рисунок 1). Коэффициент корреляции показателей «работники промышленности» и «промышленные роботы» составляет 0,86, а по показателям «рабочая сила» и «промышленные роботы» – 0,85.

Таблица 1. Динамика занятости в промышленности и парка промышленных роботов
Table 1. Dynamics of industrial employment and industrial robot stock

Год	Рабочая сила, млн чел.	Работники промышленности, млн чел.	Промышленные роботы, тыс. шт.	Темпы роста, % к предыдущему году		
				рабочая сила	работники пром-ти	пром. роботы
1994	2 445	519,1	550			
1995	2 490	527,4	605	2	2	10
1996	2 535	538,8	639,25	2	2	6
1997	2 585	548,9	673,5	2	2	5
1998	2 636	553,4	707,75	2	1	5
1999	2 691	558,9	742	2	1	5
2000	2 741	565,0	750	2	1	1
2001	2 779	572,2	760	1	1	1
2002	2 817	572,9	770	1	0	1
2003	2 858	582,7	800	1	2	4
2004	2 901	600,5	886	2	3	11
2005	2 944	622,0	923	1	4	4
2006	2 989	646,0	951	2	4	3
2007	3 035	673,0	999	2	4	5
2008	3 074	684,2	1029	1	2	3
2009	3 111	691,1	1035	1	1	1
2010	3 144	708,8	1059	1	3	2
2011	3 180	727,8	1153	1	3	9
2012	3 216	749,1	1235	1	3	7
2013	3 250	756,2	1332	1	1	8

Продолжение таблицы 1

2014	3 284	765,7	1472	1	1	11
2015	3 323	770,2	1632	1	1	11
2016	3 360	780,4	1838	1	1	13
2017	3 394	792,0	2125	1	1	16
2018	3 429	804,8	2441	1	2	15
2019	3 465	814,2	2737	1	1	12
2020	3 435	802,5	3027	-1	-1	11
2021	3 511	831,4	3479	2	4	15
2022	3 564	848,9	3904	2	2	12
2023	3 642	871,1	4282	2	3	10
Итого с 1994 по 2023 г.				49,0	67,8	678,5

Источник: рассчитано и составлено автором на основе базы данных Международной организации труда (<https://ilostat.ilo.org/data/>) и Всемирного банка (<https://data.worldbank.org>), отчетов Международной федерации робототехники (<https://ifr.org/worldrobotics/>), Конференции ООН по торговле и развитию (ЮНКТАД) (https://unctad.org/system/files/official-document/tldr2017ch3_en.pdf) и университета Порту (https://paginas.fe.up.pt/~aml/maic_files/introd.pdf).

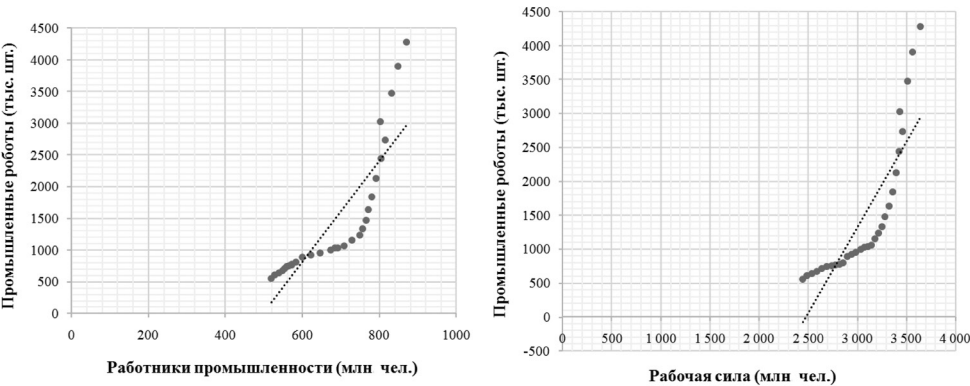


Рисунок 1. Регрессионные прямые для зависимости роста мирового парка промышленных роботов от численности мировой рабочей силы и работников промышленности за 1994–2023 гг.

Figure 1. Regression lines for the dependence of the growth of the world industrial robot stock on the number of world labor force and industrial workers for 1994–2023

Источник: составлено автором на основе расчета данных, приведенных в таблице 2.

Характеристикой общемировой динамики индустриального сектора выступает прирост около 1% занятости людей в промышленности на 10% парка промышленных роботов. При этом темпы роста занятости в промышлен-

ности превысили темпы роста мировой рабочей силы на 18,9%. Таким образом, можно сделать вывод, что автоматизация точно не выступала в рассматриваемый период антагонистом занятости в индустриальном секторе.

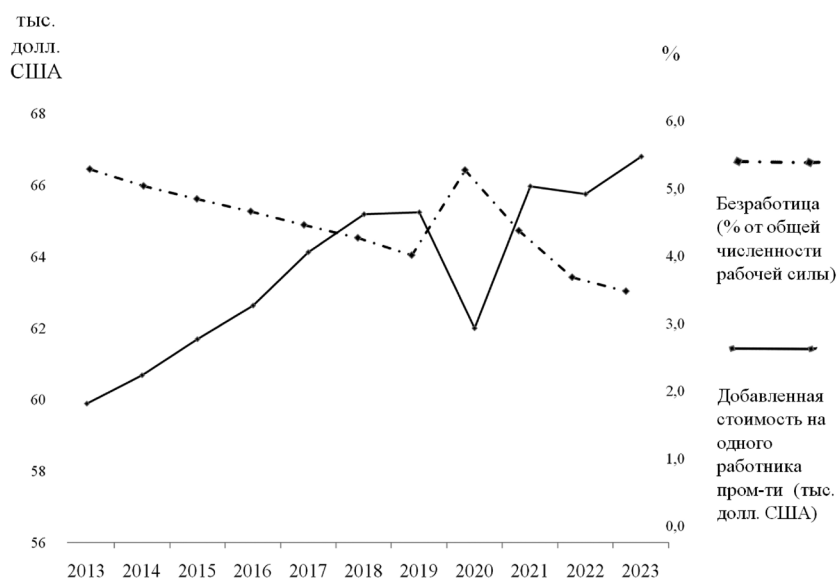


Рисунок 2. Среднее значение безработицы и добавленной стоимости на одного работника в промышленности в Японии, Республике Корея, Китае, Соединённых Штатах, Германии и Индии с 2013 по 2023 г.

Figure 2. Average unemployment and value added per worker in manufacturing in Japan, the Republic of Korea, China, the United States, Germany and India from 2013 to 2023

Источник: составлено автором на основе расчета данных, приведенных в таблице 2.

Началу современного этапа углубления промышленной автоматизации сопутствовал кардинальный сдвиг в структуре мирового населения. Устойчивый ежегодный рост парка промышленных роботов более 10% начался с 2014 г. При этом когорта детей, родившихся в 2015–2016 гг., стала самой многочисленной в демографической пирамиде мирового народонаселения¹. С началом данной трансформации доминирующими тенденциями в сфере труда стран, активно реализующих стратегии автоматизации, являются снижение безработицы и рост добавленной стоимости в промышленности.

Развернуть эти тенденции не удалось пандемии *COVID-19* (рисунок 2).

Стимулом использования промышленных роботов нового поколения при этом выступает снижение издержек, чего в условиях ускоряющегося технологического развития крайне сложно достичь, а также усиливающиеся ограничения для применения ручного труда.

Данный стимул автоматизации затрагивает практически все отрасли индустриального производства. В металлургии только роботы могут обнаруживать дефекты в трубопрокате длиной в десятки и сотни метров.

¹ См. демографическую пирамиду народонаселения мира. Департамент по экономическим и социальным вопросам ООН. – URL: <https://population.un.org/wpp/graphs?loc=900&type=Demographic%20Profiles&category=Population%20Pyramids&year=2025> (дата обращения: 24.03.2025).

А в полупроводниковом производстве выбраковка передовых микрочипов становится недоступной даже для вооруженного микроскопом глаза человека. Однако именно эти технологические изменения приводят к росту выпуска высокотехнологичной продукции с высокой добавленной стоимостью и снижению безработицы в странах, вовлеченных в этот процесс.

Сильная связь безработицы и добавленной стоимости в промышленности при углублении автоматизации проявляется в том, что даже незначительное колебание одного показателя сразу отражается на другом. Подобную сопряженность можно объяснить появлением цифровых платформ. Системы управления промышленными автоматами затем получили применение в управлении людьми при так называемой платформенной, или алгоритмической, занятости, ставшей уже типичной в сфере логистики и торговли многих стран мира. Совместное применение таких платформ позволяет добиться как снижения остатков нереализованной продукции, так и повышения числа привлекаемых для этого работников без гарантий занятости.

Ответ на вопрос, каким же образом появление «безлюдных фабрик» приводит к восстановлению занятости не только на рынке труда в целом, но и в секторе производства, заключается в изменениях, произошедших на микроуровне экономик стран, вовлеченных в гонку промышленной автоматизации нового поколения.

Выход промышленных роботов за пределы «традиционных» для них отраслей и производств выступил важнейшим фактором диверсификации сектора промышленности. При этом контур данного расширения стал охватывать не только крупные, но и средние и малые предприятия, находящиеся теперь в сегменте, появление которого

сопровождало и предыдущие индустриальные трансформации, а именно кустарное производство. Кадровую основу этого сегмента сегодня составляют уже не только выходцы из аграрного сектора, но и бывшие работники техногигантов.

Первым условием, поддерживающим малые предприятия, использующие роботов, выступает наличие постоянного спроса на небольшие экспериментальные партии технологичной продукции, которые генерируют несколько сотен технополисов и индустриальных парков. Их основная часть функционирует сегодня на материковой части Китая и на острове Тайвань, а также в Республике Корея, Индии и во Вьетнаме. Эти индустриальные парки и технополисы стали ядром современного технологического уклада. По прогнозам, данным 10 лет назад, 400 городов, на территории которых располагаются такие зоны, уже сейчас должны генерировать больше половины высокотехнологичной продукции в мире [Dobbs, Manyika, Woetzel, 2015]. В целом эти прогнозы можно считать свершившимся фактом.

Вторым условием для расцвета роботизированного кустарничества являлось удешевление стоимости владения роботами, которое происходило на протяжении последнего десятилетия. Если в 2014 г. средняя стоимость промышленного робота составляла более 30 тыс. долл., то в 2024 г. – уже около 15 тыс. долл. Это удешевление касается как покупки и аренды новых роботов, так и возможности использовать для мелкосерийного производства роботов, уже бывших в употреблении на крупных предприятиях [Korus, 2017].

И третьим условием, содействующим расширению прослойки работников роботизированных кустарных производств, стал массовый выпуск коллаборативных промышленных роботов – коботов. Если в 2017 г. коботы

составляли менее 3% общего числа выпущенных промышленных роботов, то в 2023 г. их доля составляла почти 12%². Коботы – как правило, компактные устройства, которые благодаря прогрессу в области мехатроники могут работать в режиме ручного управления, усиливающим и оптимизирующем трудовые операции человека. Такая адаптивность позволяет малым и средним предприятиям добиваться повышения производительности, не жертвуя гибкостью при работе с минимальными партиями продукции.

Страновые различия социально-экономической детерминации промышленной автоматизации

Новое поколение робототехники появилось в Японии, Германии и Соединённых Штатах. На современном этапе лидером по проникновению автоматизации (соотношению роботов и работников промышленности) является Республика Корея, наибольшее количество промышленных роботов установлено в Китае, а самым быстрорастущим их рынком становится Индия. Рассматривая социально-экономические показатели данных стран, можно подтвердить предположение о непродуктивности построения однофакторной модели их связи с промышленной автоматизацией (таблица 2).

Так, Германия, Соединённые Штаты и Республика Корея продемонстрировали примерно одинаковый среднегодовой темп установки промышленных роботов с 2014 по 2023 г. – около 5,3%, при этом доля населения старше 65 лет за этот период в Германии увеличилась на 1,5%, в Соединённых Штатах – на 2,9%, а в Республике Корея – на 5%.

2 Рассчитано автором по данным Международной федерации робототехники.

Таблица 2. Сравнение Японии, Республики Корея, Китая, Индии, Германии и США по промышленной автоматизации в отношении других социально-экономических показателей
Table 2. Comparison of Japan, the Republic of Korea, China, India, Germany and the United States in industrial automation against other socio-economic indicators

Год	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Прирост/убыль за период, %	Среднегодовой темп, %
Япония													
Установки пром. роботов, тыс. шт.	25	29	35	39	46	55	50	39	46	50	46		
Темп установок пром. роботов, % к прошлому году		16,0	20,7	11,4	17,9	19,6	-9,1	-22,0	17,9	8,7	-8,0		7,3
Доля населения 20–64 лет, %	56,8	56,1	55,5	55,0	54,7	54,4	54,3	54,2	54,1	54,2	54,2	-1,9	
Динамика доли населения 20–64 лет, % к прошлому году		-1,3	-1,0	-0,9	-0,6	-0,4	-0,2	-0,2	-0,1	0,1	0,1		-0,5

Продолжение таблицы 2

	25,4	26,2	26,9	27,5	28,0	28,3	28,6	28,9	29,2	29,4	29,6	3,4
Доля населения старше 65 лет, %												
Динамика доли населения старше 65 лет, % к прошлому году		3,1	2,7	2,2	1,8	1,1	1,1	1,0	1,0	0,7	0,7	1,5
Добавленная стоимость на одного работника пром., тыс. долл. США *	75,7	77,2	79,5	80,3	82,7	84,2	82,6	80,1	86,2	85,7	85,93	13
Динамика добавленной стоимости на одного работника промышленности, % к прошлому году		1,94	3,00	0,94	3,09	1,77	-1,94	-2,94	7,62	-0,58	2,55	1,31
Безработица, % от общей численности рабочей силы	4,0	3,6	3,4	3,1	2,8	2,5	2,4	2,8	2,8	2,6	2,6	-1,44
Динамика доли безработных, % к прошлому году		-111,1	-5,7	-7,5	-9,9	-12,6	-4,7	19,5	0,7	-8,1	0,0	-3,94
Расходы на исследования и разработку, доля в ВВП, %	3,3	3,4	3,2	3,1	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,7	3,7	8,4
Темп расходов на исследования и разработку, % к прошлому году		2,7	-3,8	-4,1	1,9	1,7	0,0	1,6	0,8	10,7	0,0	1,2
Республика Корея												
Установки пром. роботов, тыс. шт.	21	25	38	41	40	38	33	31	31	32	31	
Темп установок пром. роботов, % к прошлому году		19,0	52,0	7,9	-2,4	-5,0	-13,2	-6,1	0,0	3,2	-3,1	5,2
Доля населения 20–64 лет, %	66,4	66,7	67,0	67,2	67,3	67,3	67,3	67,2	66,9	66,6	66,2	-0,5
Динамика доли населения 20–64 лет, % к прошлому году		0,4	0,4	0,3	0,2	0,0	0,0	-0,2	-0,3	-0,5	-0,6	-0,03
Доля населения старше 65 лет, %	12,1	12,5	13,0	13,4	13,9	14,5	15,1	15,8	16,7	17,5	18,3	5,8
Динамика доли населения старше 65 лет, % к прошлому году		3,3	4,0	3,1	3,7	4,3	4,1	4,6	5,7	4,8	4,6	4,2
Добавленная стоимость на одного работника пром., тыс. долл. США	75,4	75,1	74,3	76,5	78,6	80,1	81,8	81,6	85,2	84,2	85,6	13
Динамика добавленной стоимости на одного работника промышленности, % к прошлому году		-0,5	-1,1	3,1	2,7	1,9	2,0	-0,2	4,42	-1,1	1,6	1,29

Продолжение таблицы 2

Безработица, % от общей численности рабочей силы	2,7	3,1	3,5	3,7	3,7	3,8	3,7	3,9	3,6	2,9	2,7	-0,07
Динамика доли безработных, % к прошлому году		12,2	15,1	2,9	0,1	4,7	-2,04	4,9	-7,4	-21,5	-6,4	0,26
Расходы на исследования и разработку, доля в ВВП, %	4,0	4,1	4,0	4,0	4,3	4,5	4,6	4,8	4,9	5,2	5,2	28,0
Темп расходов на исследования и разработку, % к прошлому году		3,2	-2,4	0,2	7,7	5,2	2,5	3,6	2,8	5,5	0,4	2,9
Китай												
Установки пром. роботов, тыс. шт.	37	57	69	97	156	155	145	176	275	290	276	
Темп установок пром. роботов, % к прошлому году		54,1	21,1	40,6	60,8	-0,6	-6,5	21,4	56,3	5,5	-4,8	24,8
Доля населения 20–64 лет, %	66,0	65,8	65,6	65,3	64,9	64,5	64,1	63,8	63,6	63,5	63,4	-2,5
Динамика доли населения 20–64 лет, % к прошлому году		-0,2	-0,3	-0,5	-0,6	-0,7	-0,6	-0,5	-0,3	-0,3	-0,2	-0,4
Доля населения старше 65 лет, %	9,4	9,7	10,1	10,5	11,0	11,5	12,1	12,6	13,2	13,8	14,3	4,6
Динамика доли населения старше 65 лет, % к прошлому году		3,7	4,1	4,0	4,8	4,5	5,2	4,1	4,8	4,5	3,6	4,3
Добавленная стоимость на одного работника пром., тыс. долл. США	17,8	19,2	20,7	21,7	22,7	23,7	24,7	25,3	26,5	27,7	28,6	61
Динамика добавленной стоимости на одного работника промышленности, % к прошлому году		7,7	8,0	4,7	4,7	4,5	3,9	2,6	5,0	4,5	3,2	4,89
Безработица, % от общей численности рабочей силы	4,6	4,63	4,65	4,56	4,47	4,31	4,56	5	4,55	4,98	4,67	0,07
Динамика доли безработных, % к прошлому году		0,7	0,4	-1,9	-2,0	-3,6	5,8	9,6	-9,0	9,5	-6,2	0,33

Продолжение таблицы 2

	Индия															26,1
	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,2	2,4	2,4	2,5	2,6		
Расходы на исследования и разработку, доля в ВВП, %																
Темп расходов на исследования и разработку, % к прошлому году		1,2	1,7	2,1	0,7	1,2	4,9	7,2	1,1	4,4	0,4				-0,3	
Установки пром. роботов, тыс. шт.	1,9	2,1	2,0	2,6	3,4	4,8	4,3	3,2	5,1	5,3	8,5					
Темп установок пром. роботов, % к прошлому году		10,5	-4,8	30,0	30,8	41,2	-10,4	-25,6	59,4	3,9	60,4				19,5	
Доля населения 20–64 лет, %	55,2	55,6	56,0	56,4	56,8	57,1	57,5	57,9	58,3	58,7	59,1			3,5		
Динамика доли населения 20–64 лет, % к прошлому году		0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7	0,8	0,7	0,6				0,7	
Доля населения старше 65 лет, %	5,2	5,3	5,5	5,6	5,8	6,0	6,2	6,4	6,5	6,7	6,9			1,6		
Динамика доли населения старше 65 лет, % к прошлому году		2,3	3,8	1,8	3,6	3,4	3,3	3,2	1,6	3,1	3,0				2,9	
Добавленная стоимость на одного работника пром., тыс. долл. США	4,4	4,6	5,0	5,2	5,4	5,6	5,4	5,8	6,0	5,5	6,0			36		
Динамика добавленной стоимости на одного работника промышленности, % к прошлому году		4,6	7,4	5,4	3,9	3,4	-3,5	7,4	3,5	-9,0	9,6				3,28	
Безработица, % от общей численности рабочей силы	7,7	7,7	7,6	7,6	7,6	7,7	6,5	7,9	6,4	4,8	4,2			-3,54		
Динамика доли безработных, % к прошлому году		-0,5	-0,6	-0,4	0,2	0,4	-14,9	20,7	-18,8	-24,4	-13,5				-5,17	
Расходы на исследования и разработку, доля в ВВП, %	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,8	0,7	0,6			-8,8		
Темп расходов на исследования и разработку, % к прошлому году		-0,7	-1,2	-3,4	-0,6	-0,9	-0,1	-2,0	23,8	-18,8	-1,5				-0,5	

Продолжение таблицы 2

	Германия											
	18	20	20	20	20	21	27	22	22	26	25	28
Установки пром. роботов, тыс. шт.												
Темп установок пром. роботов, % к прошлому году		11,1	0,0	0,0	0,0	5,0	28,6	-18,5	0,0	18,2	-3,8	12,0
Доля населения 20–64 лет, %	60,9	60,9	60,7	60,5	60,2	60,1	59,9	59,7	59,7	59,4	59,1	58,7
Динамика доли населения 20–64 лет, % к прошлому году		-0,1	-0,3	-0,4	-0,3	-0,2	-0,3	-0,4	-0,4	-0,5	-0,6	-0,6
Доля населения старше 65 лет, %	20,8	21,0	21,1	21,1	21,3	21,4	21,6	21,8	21,8	22,1	22,5	22,8
Динамика доли населения старше 65 лет, % к прошлому году		0,9	0,5	0,0	0,9	0,5	0,9	0,9	0,9	1,4	1,8	1,3
Добавленная стоимость на одного работника пром., тыс. долл. США	76,2	77,8	78,7	81,2	83,2	83,5	82,0	78,3	81,1	79,2	80,1	5
Динамика добавленной стоимости на одного работника промышленности, % к прошлому году		2,1	1,1	3,3	2,4	0,3	-1,7	-4,6	3,6	-2,3	1,1	0,53
Безработица, % от общей численности рабочей силы	5,3	5,0	4,6	4,1	3,8	3,4	3,2	3,9	3,6	3,1	3,1	-2,25
Динамика доли безработных, % к прошлому году		-6,3	-7,4	-11,0	-7,9	-10,5	-6,5	22,7	-7,4	-13,2	-1,7	-4,92
Расходы на исследования и разработку, доля в ВВП, %	2,8	2,9	2,9	2,9	3,0	3,1	3,2	3,1	3,1	3,1	3,3	15,7
Темп расходов на исследования и разработку, % к прошлому году		1,5	1,9	0,2	3,6	2,1	1,9	-1,2	0,4	-0,4	6,4	1,6

Продолжение таблицы 2

	Соединённые Штаты											
	24	26	28	31	33	40	33	31	36	40	38	
Установки пром. роботов, тыс. шт.												
Темп установок пром. роботов, % к прошлому году		8,3	7,7	10,7	6,5	21,2	-17,5	-6,1	16,1	11,1	-5,0	5,3
Доля населения 20–64 лет, %	60,3	60,1	60,0	59,8	59,6	59,4	59,2	59,0	58,8	58,6	58,4	-1,8
Динамика доли населения 20–64 лет, % к прошлому году		-0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,3
Доля населения старше 65 лет, %	13,7	14,0	14,3	14,6	14,9	15,3	15,7	16,1	16,5	16,9	17,4	3,4
Динамика доли населения старше 65 лет, % к прошлому году		2,2	2,1	2,1	2,1	2,7	2,6	2,5	2,5	2,4	3,0	2,4
Добавленная стоимость на одного работника пром., тыс. долл. США	109,8	110,2	111,9	110,9	112,1	114	114,9	100,9	110,8	112,2	114,5	4
Динамика добавленной стоимости на одного работника промышленности, % к прошлому году		0,4	1,6	-0,9	1,1	1,7	0,8	-12,2	9,8	1,3	2	0,55
Безработица, % от общей численности рабочей силы	7,4	6,2	5,3	4,9	4,4	3,9	3,7	8,1	5,3	3,7	3,6	-3,74
Динамика доли безработных, % к прошлому году		-16,4	-14,4	-7,8	-10,6	-10,5	-5,8	119,5	-33,6	-31,8	3,0	-0,83
Расходы на исследования и разработку, доля в ВВП, %	2,7	2,7	2,8	2,9	2,9	3,0	3,2	3,5	3,5	3,6	3,5	27,3
Темп расходов на исследования и разработку, % к прошлому году		0,6	2,5	2,4	1,8	3,6	5,3	9,4	-0,3	4,1	-3,9	2,6

Источник: рассчитано и составлено автором на основе данных Международной федерации робототехники (<https://ifr.org/worldrobotics/>) по установкам промышленных роботов; данных Международной организации труда (<https://lostat.ilo.org/data/>) и Всемирного банка (<https://data.worldbank.org>) по добавленной стоимости и безработице, расходам на исследования и разработку; Департамента по экономическим и социальным вопросам отдела народонаселения ООН по доле населения 20–64 лет и старше 65 лет (<https://population.un.org/wpp/downloads?folder=Standard%20Projections&group=Most%20used>).

В то же время на фоне сокращения доли населения в возрасте 20–65 лет на 2,5% в Китае и повышения ее на 3,5% в Индии обе эти страны имеют высокие среднегодовые темпы установки промышленных роботов – 24,8 и 19,5% соответственно.

Корреляционный анализ темпов установок промышленных роботов с показателями динамики доли населения в возрасте 20–64 лет и старше 65 лет свидетельствует о слабой связи между ними в большинстве результатов (таблица 3, рисунок 3).

Таблица 3. Результаты корреляционного анализа динамики доли населения 20–64 лет и старше 65 лет за 2014–2023 гг. и темпа установок промышленных роботов

Table 3. Results of correlation analysis of the dynamics of the share of the population aged 20–64 and over 65 years for 2014–2023 and the rate of installation of industrial robots

Коэффициенты	Япония	Республика Корея	Китай	Индия	Германия	Соединённые Штаты
Корреляция «население 20–64 лет»	-0,5	0,5	0,07	-0,07	0,07	0,3
Корреляция «население старше 65 лет»	0,5	-0,3	-0,09	-0,4	-0,05	-0,3

Источник: составлено автором на основе расчета данных, приведенных в таблице 2.

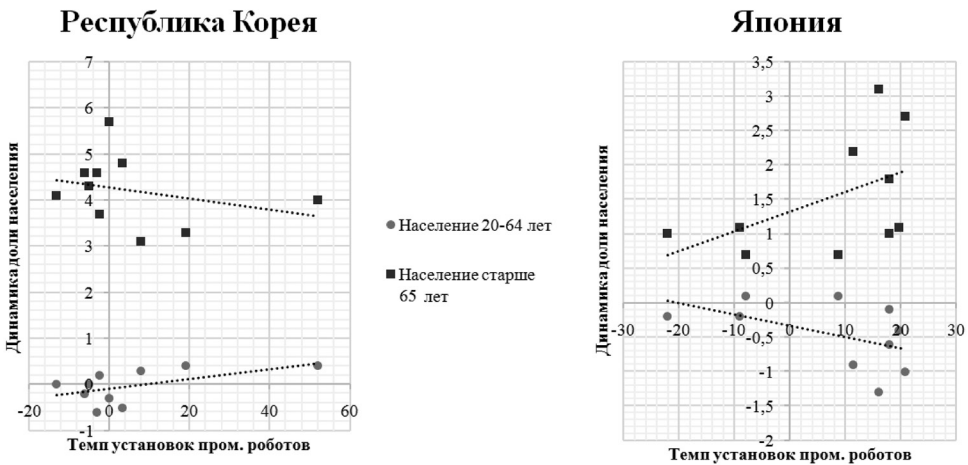


Рисунок 3. Регрессионные прямые для зависимости динамики доли населения 20–64 лет и старше 65 лет за 2014–2023 гг. от темпа установок промышленных роботов

Figure 3. Regression lines for the dependence of the dynamics of the share of the population aged 20–64 and over 65 years for 2014–2023 on the rate of installation of industrial robots

Источник: составлено автором на основе расчета данных, приведенных в таблице 2.

Умеренные и при этом почти зеркально отражаемые связи имеют Япония и Республика Корея. Анализируя результат Японии, можно было бы предположить, что старение населения оказывает прямое влияние на рост автоматизации именно в этой стране. На протяжении всего рассматриваемого периода в Японии отмечалась самая высокая доля населения старше 65 лет при самом высоком среднегодовом темпе установок промышленных роботов среди стран Глобального Севера – 7,3%.

Однако, учитывая ретроспективу социально-экономического развития Японии на рубеже первого и второго десятилетия XXI в., причинно-следственная связь между старением населения и автоматизацией в этой стране представляется более сложной. Так, на этапе, предшествующем новому витку углубления автоматизации, Японию опередила Республика Корея.

Для Республики Корея это опережение стало возможным вследствие достижения зрелости предыдущего индустриального уклада, продолжающегося среднегодового прироста рабочей силы в среднем на 0,79% в год и планомерно-го повышения расходов на исследования и разработки. В Японии в 2005 г., несмотря на ее самый обширный парк роботов в мире, отмечалось сокращение рабочей силы в среднем на 0,92% и сокращение расходов на внедрение инноваций в промышленности [Phang, 2005].

Но наращивание инвестиций в автоматизацию в Японии в начале XXI в. оказалось лишенным смысла не столько из-за начавшегося сокращения рабочей силы, сколько из-за возможности получения большей отдачи от таких инвестиций именно в Республике Корея, где уже к 2007 г. был достигнут сопоставимый с Японией уровень добавленной стоимости на одного работника в промышленности. В ситуации инве-

стиционного проигрыша в Японии количество выведенных из эксплуатации промышленных роботов начало превышать количество установленных, что стало беспрецедентным случаем сокращения парка промышленных роботов в мировой истории [Adachi, Kawaguchi, Saito, 2024]. При этом доказательством фонового, а не ведущего влияния демографических изменений на показатели автоматизации является возобновление роста парка промышленных роботов в Японии начиная с 2014 г.

Массированное же наращивание инвестиций в исследования, разработку и достижение их максимальных значений в Республике Корея сравнительно к другим странам (5,2% ВВП в год) теперь привело к существенным отличиям в результатах корреляционного анализа в этой стране. Обратной стороной статуса витрины нового поколения «умных фабрик» для Республики Корея стало проявление парадоксального зеркального эффекта – отрицательной связи между темпами установок промышленных роботов и динамикой добавленной стоимости в промышленности на фоне повышения безработицы в экономике в целом (таблица 4).

В последние 5 лет ускоренный рост автоматизации демонстрирует Китай. С 2014 по 2023 г. в этой стране среднегодовой темп установок промышленных роботов составил 24,8%, а доля занятых в промышленности повысилась на 2,2%. Исследуя предпосылки этого роста, можно выявить тот же стимул привлечения инвестиций в технологическое обновление промышленности, возросших за этот период с 2 до 2,5% ВВП в год. Переход к новым стандартам автоматизации на ряде крупных промышленных предприятий Китая привел к существенному повышению уровня добавленной стоимости на одного работника промышленности – с 19,0 тыс. долл. в 2014 г. до 27,2 тыс. долл.

Таблица 4. Результаты корреляционного анализа динамики добавленной стоимости на одного работника промышленности и безработицы за 2014–2023 гг. и темпа установок промышленных роботов

Table 4. Results of the correlation analysis of the dynamics of added value per worker in industry and unemployment for 2014–2023 and the rate of installation of industrial robots

Коэффициенты	Япония	Республика Корея	Китай	Индия	Германия	Соединённые Штаты
Корреляция «Добавленная стоимость»	0,7	-0,5	0,4	0,3	0,4	0,5
Корреляция «безработица»	-0,8	0,5	-0,3	-0,4	-0,1	-0,5

Источник: составлено автором на основе расчета данных, приведенных в таблице 2.

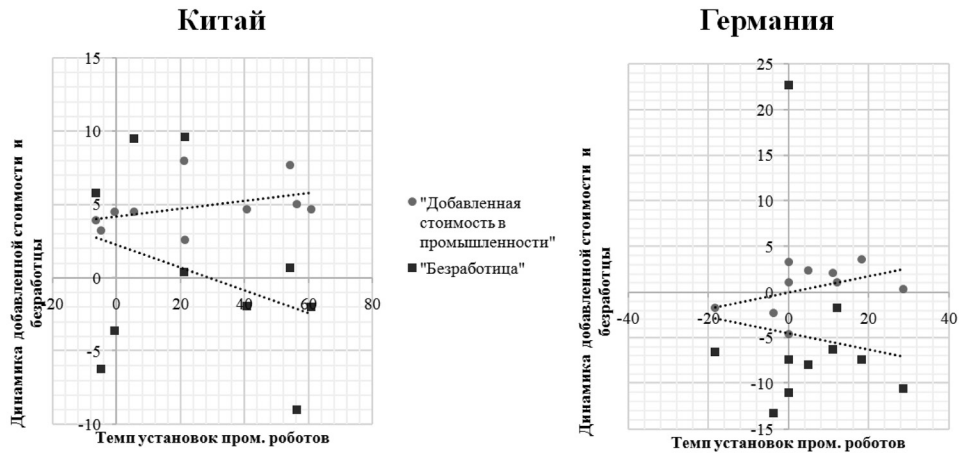


Рисунок 4. Регрессионные прямые для зависимости динамики добавленной стоимости на одного работника промышленности и безработицы в Китае и Германии за 2014–2023 гг. от темпа установок промышленных роботов

Figure 4. Regression lines for the dependence of the dynamics of added value per worker in industry and unemployment in China and Germany for 2014–2023 on the rate of installation of industrial robots

Источник: составлено автором на основе расчета данных, приведенных в таблице 2.

США в 2022 г. При этом эффективность инвестиций достигалась за счет большего масштаба рабочей силы, имевшей необходимый человеческий капитал и более низкую заработную плату по сравнению с Японией и Республикой Корея [Cheng, Jia, Li, 2019].

Данный масштаб, возможно, приводит к «размыванию» связей между динамикой добавленной стоимости и безработицы и темпами автоматизации в Китае, ставшем «мировой фабрикой» еще до начала фазы оживления и подъема производства про-

мышленных роботов нового поколения. Необходимо отметить, что В.Г. Варнавский, сделавший вывод о незначительном влиянии развития робототехники на социально-экономические процессы, фокусировался на анализе преимущественно этой страны [Варнавский, 2025]. Вместе с тем Китай изменил структуру своей промышленности именно благодаря целенаправленному развитию отрасли робототехники. С 2016 г. электротехническая и электронная промышленность в Китае заменила автомобильную промышленность в качестве основного заказчика промышленных роботов³. Это, в свою очередь, нашло отражение в резком росте показателя добавленной стоимости в промышленности.

Однако более значимая роль возможности самого повышения добавленной стоимости в промышленности, нежели создания стимулов для инвестиций в автоматизацию, отчетливо видна на примере Соединённых Штатов и Германии. Так, несмотря на то, что эти страны занимают лидирующие позиции в списке стран по расходам на инновационное развитие, добиться более высоких показателей добавленной стоимости на одного работника промышленности им пока не удалось. Для Соединённых Штатов этот показатель роста составил 4%, для Германии – 5%, в то время как Япония и Республика Корея достигли 13%, Индия – 36%, а Китай – 61%.

Анализируя причины отставания США в современной гонке промышленной автоматизации, можно прийти к выводу, что промышленный сектор этой страны мог бы использовать возможности возникших инноваций и необходимая рабочая сила для этого

имелась, однако стимулы к ее привлечению оказались недостаточно сильными. Эффект высокой базы – максимальной добавленной стоимости на одного работника в промышленности Соединённых Штатов – не позволил им достичь лидирующих позиций в промышленной автоматизации даже за счет масштабных инвестиций в исследования и разработки.

Сопоставление показателей социально-экономической динамики рассматриваемых стран свидетельствует о неизбежности перехода пальмы первенства промышленной автоматизации от Китая к Индии. Это должно произойти как в силу огромного потенциала роста добавленной стоимости на одного работника промышленности, составлявшей в 2023 г. в этой стране всего 6 тыс. долл. США, так и наиболее высокого коэффициента корреляции между темпами автоматизации и динамикой инвестиций в исследования и разработки (таблица 5, рисунок 5). Однако сроки этого перехода пока не очевидны и зависят от достижения институциональной зрелости новой горизонтально ориентированной модели организации труда, которая будет способна вовлечь в единые производственные цепочки не только крупные «умные фабрики», но и весь контур появившихся роботизированных малых и средних предприятий.

Появление такой модели должно обеспечивать как слаживание производственных процессов, так и выход работников из неформального сектора экономики, что, в свою очередь, будет выступать ключевым фактором извлечения преимуществ из становления нового промышленного уклада в Индии.

3 Международная федерация робототехники. – 2024. – 29 августа. – URL: https://ifr.org/downloads/press2018/DE-2024-AUG-29_IFR_Pressemeldung_China.pdf (дата обращения: 24.03.2025).

Таблица 5. Значения коэффициентов корреляции между темпами расходов на исследования и разработку за 2014–2023 гг. и темпами установок промышленных роботов

Table 5. Correlation coefficient values between the rates of R&D expenditures for 2014–2023 and the rates of industrial robot installations

	Япония	Республика Корея	Китай	Индия	Германия	Соединённые Штаты
Коэффициент корреляции	-0,1	-0,6	0,3	0,6	0,2	-0,2

Источник: составлено автором на основе расчета данных, приведенных в таблице 2.

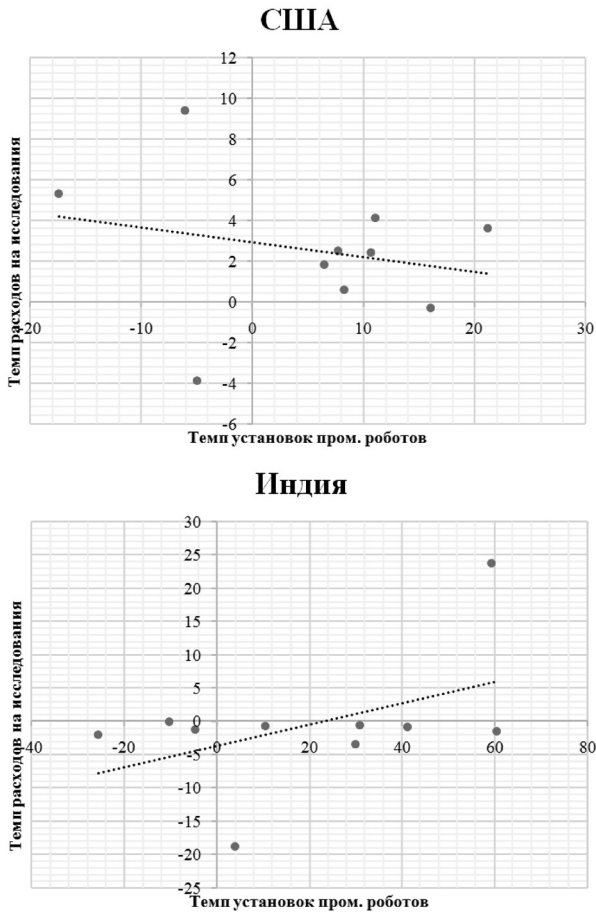


Рисунок 5. Регрессионные прямые для зависимости темпа расходов на исследования и разработку от темпа установок промышленных роботов в США и Индии за 2014–2023 гг.

Figure 5. Regression lines for the relationship between the rate of R&D spending and the rate of industrial robot installations in the US and India for 2014–2023

Источник: составлено автором на основе расчета данных, приведенных в таблице 2.

Таким образом, можно констатировать, что новый виток промышленной автоматизации уже прошел фазу оживления и находится в фазе подъема. На протяжении последнего десятилетия «умная» автоматизация, возникшая в нескольких отраслях промышленности, масштабируется на весь сектор индустриального производства.

Важнейшим стимулом в системе связей социально-экономической детерминации автоматизации в промышленности остается возможность повышения добавленной стоимости, а динамика демографической трансформации оказывает фоновое влияние на ее темпы. Появление сегмента малых и средних роботизированных производственных предприятий приводит к поддержанию занятости в промышленном секторе стран, планомерно реализующих стратегии развития автоматизации.

Прогнозируя ситуацию перехода в фазу снижения темпов промышленной автоматизации в логической рамке предыдущих индустриальных преобразований, можно предполагать, что этому будет способствовать возрастание роли институциональных факторов, которые приведут к повышению издержек на квалифицированный труд, – формализация регулирования трудовых отношений как на самих автоматизированных производствах, так и на платформах, обеспечивающих сбыт их продукции.

Сохранение ключевой роли труда человека, результаты которого остаются предметом распределения, обмена и потребления, должно обернуться не введением «налога на роботов» и безусловного базового дохода, а повышением доли труда в валовом продукте по всей цепочке создания добавленной стоимости, сглаживающим остроту глобальной тенденции старения мирового населения.

Список литературы

Акимов А.В. Демографический взрыв, старение населения и трудосберегающие технологии: взаимодействие в XXI веке // *Мировая экономика и международные отношения*. – 2016. – Т. 60, № 5. – С. 50–60. – DOI: 10.20542/0131-2227-2016-60-5-50-60.

Варнавский В.Г. Мировые тренды в робототехнике. // *Мировая экономика и международные отношения*. – 2025. – Т. 69, № 1. – С. 5–16. – DOI: 10.20542/0131-2227-2025-69-1-5-16.

Глотова М.П., Данилин И.В. Развитие передовых производственных технологий в КНР: задачи, результаты, вызовы (на примере робототехники) // *Проблемы Дальнего Востока*. – 2017. – № 4. – С. 41–51.

Цветкова Н.Н. Афро-азиатские страны: новые тенденции в глобализации и трудосберегающие технологии // *Восток. Афро-азиатские общества: история и современность*. – 2017. – № 6. – С. 88–104. – DOI: 10.7868/S0869190817060085.

Abeliansky A., Prettnner K. Automation and Demographic Change // *SSRN Electronic Journal*. – 2017. – DOI: 10.2139/ssrn.2959977.

Acemoglu D. Institutions, Technology and Prosperity // *NBER Working Paper*. – 2025. – N w33442. – URL: <https://ssrn.com/abstract=5130534> (дата обращения: 23.06.2025).

Adachi D., Kawaguchi D., Saito Y. Robots and Employment: Evidence from Japan, 1978-2017 // *Journal of Labor Economics*. – 2024. – Vol. 42, N 2. – P. 591–634. – DOI: 10.1086/723205.

Cheng H., Jia R., Li D. The Rise of Robots in China // *Journal of Economic Perspectives*. – 2019. – Vol. 33, N 2. – P. 71–88. – DOI: 10.1257/jep.33.2.71.

Dobbs R., Manyika J., Woetzel J. No Ordinary Disruption: The Four Global Forces Breaking All the Trends. – New York : PublicAffairs, 2015. – 288 p.

Holger G., Hoda M. Robotization and employment dynamics in German manufacturing value chains // *Structural Change and Economic Dynamics*. – 2024. – Vol. 68, March. – P. 133–147. – DOI: 10.1016/j.strueco.2023.10.014.

Korus S. Industrial Robot Cost Decline // ARK-invest. – 2017. – URL: <https://www.ark-invest.com/articles/analyst-research/industrial-robot-costs> (дата обращения: 23.06.2025).

Phang H. Demographic dividend and labour force transformations in Asia. The case of the Republic of Korea. – United Nations Publication, 2005. – P. 119–139. – URL: https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/unpd_egm_200508_09_phang.pdf (дата обращения: 23.06.2025).

DOI: 10.31249/kgt/2025.02.02

Socio-Economic Determinants of Industrial Automation

Ilya P. UDOVENKO

PhD (Pedagogical Sciences), Leading Researcher

Educational Institution of the Trade Unions of Higher Education “Academy of Labour and Social Relations”

Lobachevsky Street, 90, Moscow, Russian Federation, 119454

E-mail: UdovenkoIP@yandex.ru

ORCID: 0000-0001-7477-2562

CITATION: Udovenko I.P. (2025). Socio-Economic Determinants of Industrial Automation. *Outlines of Global Transformations: Politics, Economics, Law*, vol. 18, no. 2, pp. 24–43 (in Russian).

DOI: 10.31249/kgt/2025.02.02

Received: 25.03.2025.

Revised: 23.06.2025.

ABSTRACT. *The article examines the relationship between socio-economic development and a new wave of industrial automation using the examples of Japan, the Republic of Korea, China, the United States, Germany and India. A correlation analysis of industrial robotization rates and the dynamics of demographic change, unemployment, industrial value added, and investment in research and development is conducted, identifying the background and leading so-*

cio-economic determinants of industrial automation. The study concludes that demographic dynamics exert a background influence on the pace of industrial automation at the current stage. The potential for human capital formation in industrialized countries with natural population growth is becoming a benchmark for investment in research and development. However, changes in the age structure of the population show only a weak to moderate correlation with the pace of in-

dustrial robot installations. The revival of industrial automation in the second decade of the 21st century across countries at different stages of demographic transition highlights the leading role of other factors. These include the potential to increase industrial value added and the overall availability of labor, which determine the effectiveness of investments in industrial robotization. Based on this conclusion, a forecast is made regarding the emergence of an institutional factor, whose growing importance will likely slow the pace of investment in industrial automation.

KEYWORDS: industrial automation, demographic changes, factors of production, unemployment, employment, value added, investment in research and development, algorithmic employment, robotization, cobots.

Reference

- Abeliansky A., Prettnner K. (2017). Automation and Demographic Change. *SSRN Electronic Journal*. DOI: 10.2139/ssrn.2959977.
- Acemoglu D. (2025). Institutions, Technology and Prosperity. *NBER Working Paper*. No. w33442. Available at: <https://ssrn.com/abstract=5130534>, accessed 23.06.2025.
- Adachi D., Kawaguchi D., Saito Y. (2024). Robots and Employment: Evidence from Japan, 1978–2017. *Journal of Labor Economics*. Vol. 42, no. 2, pp. 591–634. DOI:10.1086/723205.
- Akimov A.V. (2016). Demographic explosion, population aging and labor-saving technologies: interaction in the 21st century. *World Economy and International Relations*. Vol. 60, no. 5, pp. 50–60 (in Russian). DOI: 10.20542/0131-2227-2016-60-5-50-60.
- Cheng H., Jia R., Li D. (2019). The Rise of Robots in China. *Journal of Economic Perspectives*. Vol. 33, no. 2, pp. 71–88. DOI: 10.1257/jep.33.2.71.
- Dobbs R., Manyika J., Woetzel J. (2015). *No Ordinary Disruption: The Four Global Forces Breaking All the Trends*. New York: PublicAffairs, 288 pp.
- Glotova M.P., Danilin I.V. (2017). Development of advanced manufacturing technologies in China: tasks, results, challenges (using robotics as an example). *Problems of the Far East*. No. 4, pp. 41–51 (in Russian).
- Holger G., Hoda M. (2024). Robotization and employment dynamics in German manufacturing value chains. *Structural Change and Economic Dynamics*. Vol. 68, March, pp. 133–147. DOI: 10.1016/j.strueco.2023.10.014.
- Korus S. (2017). Industrial Robot Cost Decline. *ARK-invest*. Available at: <https://www.ark-invest.com/articles/analyst-research/industrial-robot-costs>, accessed 23.06.2025.
- Phang H. (2005). *Demographic dividend and labour force transformations in Asia. The case of the Republic of Korea*. United Nations Publication, pp. 119–139. Available at: https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/unpd_egm_200508_09_phang.pdf, accessed 23.06.2025.
- Tsvetkova N.N. (2017). Afro-Asian countries: new trends in globalization and labor-saving technologies. *Oriens. Afro-Asian Societies: History and Modernity*. No. 6, pp. 88–104 (in Russian). DOI: 10.7868/S0869190817060085.
- Varnavskiy V.G. (2025). Global trends in robotics. *World Economy and International Relations*. Vol. 69, no. 1, pp. 5–16 (in Russian). DOI: 10.20542/0131-2227-2025-69-1-5-16.