

Проблемы развития прогрессивных технологий: робототехника

Александр Евгеньевич Варшавский¹

¹ Центральный экономико-математический институт Российской Академии Наук, Москва, Россия
117418, Москва, Нахимовский проспект, д. 47

E-mail: varshav@cemi.rssi.ru

Поступила в редакцию: 10.09.2017; одобрена: 01.11.2017; опубликована онлайн: 24.12.2017

Аннотация

Цель: Цель работы заключается в рассмотрении проблем развития и рынка промышленных и сервисных роботов.

Методология проведения работы: Методология проведения работы основана на анализе областей применения, новых тенденций развития промышленных и сервисных роботов, а также программ развития робототехники в наиболее развитых странах, включая проблемы развития робототехники в России.

Результаты работы: Результаты работы включают анализ показателей рынка (мировые расходы на роботизацию, данные о рынке промышленных роботов, в том числе прогнозные показатели рынков основных типов промышленных роботов, компонентов роботов, а также о рынке сервисных роботов), краткий анализ программы и направлений развития робототехники в ведущих странах, а также данные об использовании и производстве роботов за рубежом и в России.

Выводы: Выводы сводятся к необходимости обеспечения органами государственного управления эффективной координации и достойного финансирования НИОКР, имеющих первостепенное значение для экономики страны в целом и для развития робототехники, осуществления новой структурной политики, основанной на долгосрочных приоритетах развития; ускоренного восстановления ведущих производств обрабатывающей промышленности (станкостроение, радиоэлектронная промышленность и др.); обновления основного капитала и т.д. Система государственных приоритетов должна быть многоуровневой, охватывать отрасли и производства на всех уровнях иерархии. Следует учитывать и то, что для рынка робототехники характерны длительные, трудоемкие и капиталоемкие этапы проведения НИОКР и создания опытных образцов, причем ориентация на стартовые и на деятельность отдельных групп энтузиастов-разработчиков роботов не может дать сколько-нибудь ощутимых для экономики России результатов, т.е. необходима разработка и реализация полноценной государственной стратегии.

Ключевые слова: промышленные и сервисные роботы, применение, рынок, показатели

Благодарность. Статья подготовлена в рамках работы по проекту «Развитие науки и технологии в развитых и крупных развивающихся странах: тенденции и перспективы» программы Президиума РАН «Анализ и прогноз долгосрочных тенденций научного и технологического развития: Россия и мир» (№0170-2015-0016)

Для цитирования: Варшавский А. Е. Проблемы развития прогрессивных технологий: робототехника // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2017. Т. 8. № 4. С. 682–697. DOI: 10.18184/2079-4665.2017.8.4.682-697

© Варшавский А. Е., 2017

Problems of the Development of Advanced Technologies: RoboticsI

Alexander E. Varshavsky¹

¹ Central Economics and Mathematics Institute of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation
47, Nakhimovsky prospect, Moscow, 117418

E-mail: varshav@cemi.rssi.ru

Submitted 10.09.2017; revised 01.11.2017; published online 29.09.2017

Abstract

Purpose: the purpose of the work is to consider the problems of development and the market of industrial and service robots.

Methods: the methodology of the work is based on an analysis of application areas, new trends in the development of industrial and service robots, as well as development programs for robotics in the most developed countries, including the development of robotics in Russia.

Results: the results of the work include the analysis of market indicators (global costs, data on the industrial robot market, including the forecast indicators of the markets for the main types of industrial robots, robot components, and on the market for service robots), a brief analysis of the program and directions for the development of robotics in leading countries, as well as data on the use and production of robots abroad and in Russia.

Conclusions and Relevance: the conclusion is reduced to the need for government bodies to provide effective coordination and necessary funding for research and development, which are of great importance for the country's economy as a whole and for the development of robotics, the implementation of a new structural policy based on long-term development priorities; accelerated recovery of leading manufacturing industries (machine-tool construction, radio-electronic industry, etc.); renewal of fixed capital, etc. The system of state priorities should be multi-level, covering industries and production at all levels of the hierarchy. It should also be taken into account that the robotics market is characterized by long, labor-intensive and capital-intensive stages of R&D and prototype development, so the orientation toward start-ups and the activity of certain groups of enthusiastic robot developers can not yield any tangible results for the Russian economy, that is it is necessary to develop and implement a very well elaborated state strategy.

Keywords: industrial and service robots, application, market, indicators

Acknowledgments. This article is prepared within the project «Development of science and technologies in developed and developing nations: trends and perspectives» of the program of Presidium of Russian Academy of Sciences «Analysis and forecast of long-term trends of science and technology development: Russia and the world» (No. 0170-2015-0016)

For citation: Varshavsky A. E. Problems of the Development of Advanced Technologies: Robotics. *MIR (Modernizatsiia. Innovatsii. Razvitie) = MIR (Modernization. Innovation. Research)*. 2017; 8(4):682–697. DOI: 10.18184/2079–4665.2017.8.4.682–697

Введение

Развитие робототехники является приоритетным направлением для инновационной индустриализации России не только в долгосрочной, но уже и в краткосрочной перспективе. Робототехника, по-видимому, может стать локомотивом и для общего экономического роста, учитывая, что наиболее передовые развитые страны в настоящее время создают у себя роботизированные предприятия и переводят к себе производства из развивающихся стран.

Важно подчеркнуть, что Четвертая промышленная революция Industry 4.0 во многом опирается на развитие робототехники. В этой связи целесообразно проанализировать показатели рынка (мировые расходы на роботизацию, данные о рынке промышленных роботов, в том числе прогнозные показатели рынков основных типов промышленных роботов, компонентов роботов, а также рынка сервисных роботов), программы и направления развития робототехники в ведущих странах, а также данные об использовании и производстве роботов за рубежом и в России. При оценке перспектив развития робототехники в нашей стране необходимо также учитывать значительный уровень деиндустриализации экономики, неблагоприятную демографическую ситуацию в России и усиление глобальной нестабильности.

Результаты исследования

Четвертая промышленная революция Industry 4.0

Термин Industry 4.0 означает четвертую промышленную революцию, которая предполагает комплексную трансформацию всех отраслей промышленности путем сопряжения цифровых технологий

и интернета с традиционными производствами. Все производственные звенья (поставщики, предприятие-изготовитель продукции, дистрибьюторы, сам продукт) объединяются при этом на основе цифровизации процессов в интегрированную цепочку создания стоимости. Industry 4.0 предполагает: изменение процесса производства (интеграция машин, складских систем и производственных мощностей в киберфизические системы, существенное повышение гибкости, эффективности и производительности на «умных» предприятиях); а также изменение характера труда на предприятиях (ожидается, что рабочие будут освобождены от рутинных задач и станут выполнять работу, требующую творческого подхода)¹.

Реализация Industry 4.0 основана на развитии следующих направлений: информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), которые обеспечат цифровизацию всех этапов создания и использования продукта как внутри компаний, так и за их пределами; киберфизических систем для контроля и управления физическими процессами и системами (включают встроенные датчики, интеллектуальные роботы, 3D-печатающие устройства и др.); сетевых коммуникаций (беспроводные и интернет-технологии для связи машин, продуктов, систем и людей); моделирования и виртуализации при разработке продуктов и создании производственных процессов; систем сбора, обработки и использования больших объемов данных и облачных вычислений; средств дополненной реальности и интеллектуальных систем и др.

В результате ожидается повышение производительности за счет значительного сокращения времени между разработкой нового продукта и его

¹ Industry 4.0: The New industrial Revolution for Europe / The European Files. January 2017, № 45

поставками потребителю, повышения эффективности, экономии энергии, обеспечения конкурентоспособности на мировом рынке и т.п.

Центральным звеном в программе Industry 4.0 является сотрудничество человека и робота на производствах будущего, где новые поколения роботов с высокой степенью искусственного интеллекта и человек станут равноправными партнерами. Промышленные роботы будут помогать работникам в решении различных задач, при этом улучшится качество производства и производственных процессов. Ожидается, что, помимо повышения производительности труда, повысится возможность работы для более пожилых рабочих, так как роботы будут помогать им в выполнении заданий, требующих затрат физического труда. При этом различные продукты могут быть получены на одном и том же производственном оборудовании, что позволит выпускать небольшие партии благодаря возможности быстрой перенастройки оборудования.

Мировой рынок робототехники

По оценкам компании Boston Consulting Group мировой рынок роботов, который в 2015 г. составил 26,9 млрд долл., в 2025 г. возрастет до 66,9 млрд долл. В структуре расходов ожидается увеличение доли роботов для персонального пользования с 6,6% в 2010 г. до 13,5% в 2025 г. при снижении доли военных роботов (с 33,8% в 2010 г. до 24,7% в 2025 г.), см. табл. 1.

Как следует из приведенных в табл. 1 данных, производство как промышленных, так и сервисных роботов быстро увеличивается и в будущем прогнозируется еще большее ускорение его роста. По данным Международной федерации робото-

техники (IFR) ожидается, что в период 2016–2019 гг. будет установлено 1,4 млн промышленных роботов и продано 333 тыс профессиональных и 42 млн потребительских (для личного и домашнего использования) сервисных роботов.

Промышленные роботы

Рынок промышленных роботов

Ежегодные отгрузки промышленных роботов в мире за период 2000-2015 гг. выросли в 2,5 раза (с 98,9 тыс. ед. в 2000 г. до 253,7 тыс. ед. в 2015 г.). В 2010-2015 гг. среднегодовые темпы роста продаж промышленных роботов составили 22,1%. Мировой объем продаж промышленных роботов составляет более 11 млрд долл., а с учетом программного обеспечения, периферийных устройств и технического оборудования рынок робототехнических систем оценивается величиной порядка 35 млрд долл. (2015 г.).

При этом рост мировых отгрузок промышленных роботов происходит неравномерно: в 1995-2003 гг. ежегодно отгружалось около 70-80 тыс. роботов (за исключением 2000 г., когда было отгружено почти 100 тыс. ед.), в 2004-2005 гг. произошел значительный рост отгрузок (до 120 тыс. ед. в 2005 г.), но в 2006-2008 гг. количество отгруженных роботов вновь стабилизировалось на уровне около 110 тыс. ед. Следует отметить, что мировой финансовый кризис привел к резкому сокращению отгрузок только в 2009 г. (примерно до 60 тыс. ед.), но уже в 2010 г. был вновь достигнут уровень 2005 г., и в 2011 г. быстрый рост продолжился (отгрузки составили более 165 тыс. ед.), хотя в 2012 г. было отгружено 159,3 тыс. ед. В последующем быстрый рост возобновился: так, предложение промышленных роботов во всем мире

Таблица 1

Мировой рынок роботов и его структура по видам роботов

Table 1

The world market of robots and its structure by types of robots

Виды роботов	Мировые расходы на роботов, млрд долл.				Структура мирового рынка, %			
	2010	2015 (оценка)	2020 (прогноз)	2025 (прогноз)	2010	2015	2020 (прогноз)	2025 (прогноз)
Роботы для персонального использования	1	2,5	4,4	9	6,6	9,3	10,3	13,5
Роботы для коммерческого применения	3,2	5,9	10,8	17	21,2	21,9	25,2	25,4
Промышленные роботы	5,8	11	16,4	24,4	38,4	40,9	38,3	36,5
Военные роботы	5,1	7,5	11,2	16,5	33,8	27,9	26,2	24,7
Всего	15,1	26,9	42,8	66,9	100,0	100,0	100,0	100,0

Составлено автором по материалам: Boston Consulting Group https://www.bcgperspectives.com/content/articles/business_unit_strategy_innovation_rise_of_robotics/?utm_content=buffercd473&utm_medium=social&utm_source=twitter.com&utm_campaign=buffer
 Compiled by the author on the materials: Boston Consulting Group https://www.bcgperspectives.com/content/articles/business_unit_strategy_innovation_rise_of_robotics/?utm_content=buffercd473&utm_medium=social&utm_source=twitter.com&utm_campaign=buffer

Таблица 2

Структура отгрузок и парка промышленных роботов по странам, %

Table 2

Structure of shipments and fleet of industrial robots by country, %

Страна / Год	Отгрузки						Парк					
	2012	2013	2014	2015	2016 (оценка)	2019 (прогноз)	2011	2012	2013	2014	2015 (оценка)	2018 (прогноз)
Страны Америки	17,7	17,0	14,8	15,0	13,9	12,2	16,7	16,8	17,0	16,8	16,3	14,7
Бразилия	1,0	0,8	0,6	0,6	0,6	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,8
США, Канада и Мексика	16,5	16,1	14,1	14,4	13,1	11,1	16,0	16,0	16,2	16,0	15,6	13,9
Прочие	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1
Страны Азии и Австралия	53,1	55,5	61,0	63,3	65,6	69,0	50,0	50,9	51,7	53,0	54,9	60,9
Китай	14,4	20,5	25,9	27,0	31,0	38,6	6,4	7,8	10,0	12,8	15,8	26,4
Индия	0,9	1,1	1,0	0,8	0,9	1,4	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	1,2
Япония	18,0	14,1	13,3	13,8	13,1	10,4	26,6	25,1	22,8	20,0	17,9	12,5
Южная Корея	12,2	12,0	11,2	15,1	13,8	11,1	10,8	11,2	11,7	11,9	12,1	12,0
Тайвань	2,1	3,1	3,1	2,8	3,1	3,1	2,6	2,6	2,8	2,9	3,0	2,9
Таиланд	2,5	1,8	1,7	1,0	1,0	1,1	1,1	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
Прочие	2,9	2,9	4,8	2,7	2,6	3,2	1,9	2,0	2,2	3,0	3,6	4,1
Страны Европы	25,9	24,3	20,7	19,7	18,7	16,6	32,1	30,8	29,4	27,8	26,0	22,3
Чехия	0,7	0,8	2,1	2,4	2,6	2,7	0,5	0,6	0,6	0,6	0,7	0,8
Франция	1,9	1,2	1,3	1,2	1,1	1,1	3,0	2,7	2,4	2,2	1,9	1,4
Германия	11,0	10,3	9,1	7,9	7,2	6,0	13,6	13,1	12,6	11,9	11,0	9,3
Италия	2,8	2,6	2,8	2,6	2,5	2,2	5,4	4,9	4,4	4,0	3,7	2,9
Испания	1,3	1,6	1,0	1,5	1,4	1,2	2,6	2,3	2,1	1,9	1,7	1,3
Великобритания	1,8	1,4	0,9	0,6	0,6	0,6	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,0
Прочие	6,5	6,5	3,3	3,5	3,2	2,8	5,8	5,9	6,1	6,0	5,9	5,6
Страны Африки	0,2	0,4	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3
Прочие страны мира	3,1	2,8	3,4	1,8	1,7	1,9	1,0	1,3	1,6	2,2	2,4	1,8
Всего	100	100	100,0	100,0	100,0	100,0	100	100	100,0	100,0	100,0	100,0

Составлено автором по материалам: World Robotics 2015-2016, <http://www.ifr.org/industrial-robots/>

Compiled by the author on the materials: World Robotics 2015-2016, <http://www.ifr.org/industrial-robots/>

в 2015 г. составило 254 тыс. ед., а в 2019 г. оно должно увеличиться до 414 тыс. ед.; в 2015 г. установленных промышленных роботов во всем мире насчитывалось 1632 тыс. ед. и в 2019 г. ожидается рост этого показателя до 2589 тыс.ед. (по прогнозу IFR).

В настоящее время страны Азии продолжают наиболее активно внедрять промышленные роботы, при этом на первое место в мире вышел Китай (68,5 тыс. ед. в 2015 г.), далее следуют Южная Корея (38,3 тыс. ед.), Япония (35,0 тыс. ед.), Тайвань (7,2 тыс. ед.). Прогнозируется дальнейший рост доли Азиатско-Тихоокеанского региона в общем объеме мировых продаж (с 61% в 2014 г. до 69% в 2019 г.) и в парке установленных промышлен-

ных роботов (с 51,7% в 2013 г. до 60,9% в 2018 г.). Несмотря на рост продаж в 2015 г. на 17,5% по сравнению с 2014 г., эксперты ожидают сокращение доли стран Северной Америки в ежегодных отгрузках (с 14,4% в 2015 г. до 11,1% в 2019 г.) и в парке промышленных роботов (с 16,2% в 2013 г. до 13,9% в 2018 г.). Ожидается также снижение доли европейских стран как в ежегодных отгрузках (с 20,7% в 2014 г. до 16,6% в 2019 г.), так и в парке установленных промышленных роботов (с 29,4% в 2013 г. до 22,3% в 2018 г.), см. табл. 2.

В США в 2015 г. было продано 27504 ед. (на 5% больше, чем в 2014 г.), в Германии – 20105 ед. (рост на 0,3%), в Италии – 6657 ед. (на 7%), Ис-

пании – 3766 ед. (на 62,9%), Франции – 3045 ед. (на 3,4%) и Великобритании – 1645 ед. (на 21,4% меньше, чем в 2014 г.). Отмечается также рост продаж роботов в Чехии и Польше.

Масштабы распространения промышленных роботов хорошо иллюстрируются с помощью показателя обеспеченности этим видом оборудования. Удельная обеспеченность промышленными роботами в расчете на 10 000 занятых наиболее велика в Южной Корее (531 робот на 10 000 занятых в 2015 г., рост на 34,1% по сравнению с 2012 г.), Японии (305, сокращение по сравнению с 2012 г. на 8,1%, в том числе в автомобильной промышленности – на 18,3%), Германии (301, рост на 10,3% по сравнению с 2012 г., для автомобильной промышленности рост составил только 1,2%). В среднем во всем мире этот показатель равен 69, в странах Европы – 92, Америки – 86 и Азии – 57, однако в России в 2012 г. имелось только 2 промышленных робота на 10000 занятых, см. табл. 3.

Области применения

Основная доля отгрузок промышленных роботов приходится на автомобильную, электротехниче-

скую и электронную отрасли промышленности (см. табл. 4).

Последние десятилетия автоматизация на базе станков с ЧПУ, автоматов и полуавтоматов, роботизированных технологических комплексов, гибких производственных модулей, автоматических линий, в том числе гибких, переналаживаемых и роторно-конвейерных, а также гибких производственных систем и участков является генеральной мировой тенденцией развития машиностроения. Выделяют вспомогательные (используемые в качестве дополнительного технологического оборудования, например, загрузочные роботы, которые обслуживают металлорежущие станки, прессы и т.д.) и технологические промышленные роботы (применяемые в качестве основного технологического оборудования для точечной и контурной – лазерной или плазменной – сварки, гидроабразивной резки, абразивной безразмерной обработки – полирования, зачистки, для сборки изделий и т.д.). Основными областями применения промышленных роботов являются сварка (22%), литейное производство (около 15%), механообработка (12%), сборка (6%)².

Таблица 3

Средняя удельная обеспеченность промышленными роботами, ед./10 000 занятых, 2012 и 2015 гг.

Table 3

The average specific supply of industrial robots, units / 10,000 employees, 2012 and 2015

Страна	2012			2015		
	Всего	В том числе		Всего	В том числе	
		В автомобильной промышленности	В прочих отраслях		В автомобильной промышленности	В прочих отраслях
Южная Корея	396	...	302	531	1218	111
Япония	332	1562	219	305	1276	213
Германия	273	1133	147	301	1147	170
США	...	1091	76	176	1218	93
Швеция	164	...	...	212	...	...
Канада	103	...	...	136	795	61
Чехия	60	...	...	93	...	...
Нидерланды	84	...	...	120	...	...
Франция	...	1137	...	127	940	75
Италия	...	1090	115	160	877	126
Китай	...	213	11	49	392	...
Россия	2	...	...	...	...	...

Составлено автором по данным: World Robotics 2015-2016, <http://www.ifr.org/industrial-robots/>

Compiled by the author according to: World Robotics 2015-2016, <http://www.ifr.org/industrial-robots/>

² Черпаков Б.И. Станкостроение, робототехника, автоматизированные комплексы и предприятия: проблемы развития и повышения инновационной активности // Инновационный менеджмент в России (проблемы стратегического управления и научно-технологической безопасности) / руководители автор. колл. Махаров В.Л., Варшавский А.Е. М.: Наука, 2004; Ежеленко В. Промышленная робототехника в России. Краткий обзор роботизации, проблем и перспектив внедрения промышленных роботов на отечественных предприятиях. http://www.umpro.ru/templates/art_print.php?art_id_1=395

Таблица 4

Парк и структура использования промышленных роботов по отраслям

Table 4

Park and structure of industrial robots by industry

Отрасль	Парк роботов, тыс. единиц		Структура, %	
	2013	2014	2013	2014
Автомобильная промышленность	566,5	623,1	42,5	42,1
Электротехническая и электронная промышленность (включая производство компьютеров, компьютерного оборудования, радио и телевизионного оборудования и средств связи, медицинских, прецизионных и оптических приборов)	278,5	328,6	20,9	22,2
Производство резиновых изделий и пластмасс	135,9	150,9	10,2	10,2
Производство пищевых продуктов и напитков	46,1	51,2	3,5	3,5
Производство металлов и машиностроение	138,7	160,9	10,4	10,9
Прочие	166,7	166	12,5	11,2
Всего	1332,2	1480,7	100	100

Составлено автором по данным: World Robotics 2015-2016, <http://www.ifr.org/industrial-robots/>

Compiled by the author according to: World Robotics 2015-2016, <http://www.ifr.org/industrial-robots/>

Промышленные роботы сочетают в себе высокую гибкость и приспособляемость, повторяемость, конфигурируемость, легкость и быстроту программирования, надежность в эксплуатации и возможность полной интеграции с передовыми технологиями. Роботизированные системы широко используются во многих областях: в аэрокосмической, автомобильной, металлургической, фармацевтической, пищевой промышленности и многих других. Современные роботы обладают новыми характеристиками: ловкостью, памятью, обучаемостью и умением распознавать объекты. В результате в настоящее время они применяются в сборке и упаковке, тестировании или проверке продукции и других областях.

Наиболее широко роботы используются в автомобильной промышленности (ежегодные отгрузки выросли с 69,1 тыс. в 2013 г. до 98,9 тыс. роботов в 2014 г.), однако в структуре парка используемых промышленных роботов доля этой отрасли несколько сократилась (с 42,5% до 42,1% соответственно), см. табл. 4. Внедрение коллаборативных роботов привело к росту доли электронной промышленности в парке роботов (с 20,9% до 22,2%, соответственно) и отгрузок с 36,1 тыс. ед. в 2013 г. до 48,4 тыс. ед. в 2014 г.

В Японии, например, в настоящее время 61% промышленных роботов используется в производстве автомобилей и запасных частей к ним, 8% – в

производстве металлоизделий, 7% в резиновой промышленности, производстве изделий из пластмасс, а также в электротехнической промышленности, 2% в пищевой промышленности и 15% в прочих отраслях³.

Анализ показателей обновления парка промышленных роботов свидетельствует, что в 2014 г. наиболее быстро происходило обновление (прирост) парка промышленных роботов в Китае, Индии, Таиланде, Чехии, Тайване, Южной Корее, Бразилии. При этом во Франции, Испании и Японии в 2014 г. отмечался отрицательный прирост парка промышленных роботов, см. табл. 5.

В настоящее время промышленные роботы в среднем выполняют около 10% всех производственных задач. В соответствии с прогнозом Forbes, через 10 лет эта доля вырастет до 25%, а ежегодные отгрузки промышленных роботов увеличатся с 11 млрд долл. в 2015 г. до 24 млрд долл. в 2025 г.⁴, см. табл. 1. К 2025 г. прирост производительности за счет более широкого использования промышленных роботов, как ожидается, составит от 10% до 30% (в зависимости от страны и отрасли). Совершенствование технологий будет сочетаться со снижением затрат (например, цена роботизированной точечной сварки снизилась в среднем с 182 тыс. долл. в 2005 г. до 133 тыс. долл. в 2014 г. и в ближайшие 10 лет может снизиться еще на 20%).

³ Domestic Robot Development and industrialization of key innovations in technology. <http://www.xsznzb.com/en/news/21.html>

⁴ <http://www.forbes.com/forbes/welcome/?to>; <http://www.forbes.com/sites/haroldsirkin/2015/07/15/robots-the-next-industrial-revolution/&ref>; <https://www.google.ru/&referrer=https://www.google.ru/>

Таблица 5

Показатели обновления парка многоцелевых промышленных роботов (отгрузки/численность парка, % и прирост парка/отгрузки, раз), 2013 и 2014 гг. – факт, 2015 и 2018 гг. – оценка и прогноз

Table 5

Indicators of renewal of the fleet of multi-purpose industrial robots (shipment / fleet size, % and fleet / shipment increase, times), 2013 and 2014 – the fact, 2015 and 2018 – estimation and forecast

Страна/ Год	Отгрузки/численность парка, %				Прирост парка/отгрузки, раз		
	2013	2014	2015	2018	2014	2015	2018
Страны Америки	13,4	13,1	13,3	14,0	0,686	0,651	1,479
Бразилия	16,3	13,2	9,7	16,4	0,784	0,743	2,667
США, Канада и Мексика	13,3	13,1	13,5	13,6	0,679	0,637	1,450
Прочие	14,9	16,2	8,0	58,8	0,910	2,590	-0,800
Страны Азии и Австралия	14,3	17,8	18,5	19,4	0,687	0,763	1,829
Китай	27,5	30,2	28,5	24,4	0,991	0,981	2,342
Индия	19,8	18,1	18,2	22,1	0,980	0,977	2,133
Япония	8,3	9,9	11,1	13,7	-0,279	0,042	-0,135
Южная Корея	13,6	14,0	14,4	14,3	0,838	0,840	1,945
Тайвань	14,6	15,9	16,8	17,9	0,902	0,825	1,375
Таиланд	15,8	15,3	15,1	18,0	0,972	0,954	1,827
Прочие	17,9	35,4	27,8	20,2	0,945	0,966	1,862
Страны Европы	11,0	11,1	11,4	12,7	0,413	0,443	1,303
Чехия	16,5	16,1	17,3	19,2	0,943	0,767	2,057
Франция	6,7	9,1	9,9	11,0	-0,023	0,021	0,378
Германия	10,9	11,4	11,4	11,5	0,408	0,378	1,324
Италия	8,0	10,4	10,8	11,9	0,120	0,209	0,725
Испания	9,8	8,3	9,4	10,8	-0,047	0,266	0,250
Великобритания	15,9	12,4	13,2	14,7	0,642	0,527	1,600
Прочие	14,2	11,7	12,0	14,7	0,700	0,780	1,681
Страны Африки	20,9	11,0	14,4	15,4	0,871	0,963	2,000
Прочие страны мира	4,7	34,9	21,4	24,1	1,000	0,938	0,100
Всего	13,4	15,5	15,9	17,2	0,648	0,694	1,658

Рассчитано автором по данным: World Robotics 2015-2016, <http://www.ifr.org/industrial-robots/>; Варшавский А.Е. Основные тенденции и показатели развития робототехники // Концепции. 2015. № 1 (33). С. 16–25

Compiled by the author according to: World Robotics 2015-2016, <http://www.ifr.org/industrial-robots/>; Varshavsky A.E. Main trends and indicators of development of robotics. Concepts. 2015; 1 (33):16–25

Новые тенденции развития промышленных роботов

В ближайшем будущем ожидается значительный рост использования следующих типов промышленных роботов:

- шарнирные (сочлененные) роботы (в соответствии с прогнозом компании TechNavio⁵, мировой рынок таких роботов будет устойчиво расти со среднегодовым темпом роста более 16% в 2015–2019 гг. и в 2019 г. достигнет 7 млрд долл.; одним из основных факторов роста рынка явля-

ется необходимость обеспечения точности работы на линиях сборки);

- декартовые или линейные роботы (также называются порталными, используются для различных промышленных применений; ожидается, что рынок этих роботов будет расти в среднем ежегодно примерно на 5% в 2015–2019 гг., благодаря расширению их использования в обработке материалов и сборке);
- параллельные (delta) роботы (ожидается, что мировой рынок параллельных роботов будет ста-

⁵<http://www.technavio.com/>

бильно расти ежегодно примерно на 6% до 2020 г.; в настоящее время такие роботы используются в пищевой промышленности для сортировки и упаковки продуктов питания; предполагается создание интеллектуальных и автономных роботов этого типа, особенно с распространением Интернета вещей (IoT), что приведет к увеличению скорости операций, снижению производственных затрат, повышению качества продукции, улучшению технического обслуживания);

- SCARA роботы (селективная совместимая монтажная роботизированная рука; используются для высокоскоростных точных операций, таких как уплотнение, распределение, сборка и пр.; эти роботы позволяют снизить время цикла и повысить пропускную способность; по прогнозу мировой рынок таких роботов будет расти со среднегодовым темпом около 5% в 2015–2019 гг., в первую очередь, благодаря росту спроса со стороны автомобильной промышленности).

При прогнозировании развития робототехники необходимо учитывать рынок компонентов роботов, в первую очередь контроллеров (ождается, что рынок контроллеров для роботов будет расти со среднегодовым темпом более 7% в 2016–2020 гг.; разработка контроллеров компактного и малого размера, встраиваемых в роботы, привела к расширению применения промышленных роботов в полупроводниковой и электронной промышленности, а также в сфере НИОКР). Также необходимо учитывать рынок программного обеспечения для роботов – в соответствии с прогнозами среднегодовой рост мирового рынка программного обеспечения для робототехники составит более 4% в 2016–2020 гг., причем в 2020 г. более 68% мирового рынка будет приходиться на разработчиков OEM (Original Equipment manufacturer, – оригинальный производитель оборудования, – программное и аппаратное OEM-обеспечение поставляется специально для распространения среди компаний, которые занимаются сборкой систем).

Новые тенденции развития промышленных роботов характеризуются следующим: повышение простоты использования, развертывания и обслуживания; создание коллаборативных роботов; новые способы управления роботами; усовершенствование органов «чувств» роботов; повышение показателей эффективности производства при использовании роботов и обучение новых сотрудников с помощью роботов. Рассмотрим их более подробно.

Повышение простоты использования, развертывания и обслуживания. В настоящее время особое внимание уделяется нахождению более простых способов управления и использования роботов. В ближайшем будущем ожидается появление ро-

ботов, которые смогут самопрограммироваться (в настоящее время, в основном, каждый робот обучается и программируется уникальным способом); прогнозируется повышение роли сенсорных устройств (техническое зрение, силовые сенсорные устройства и др.); использование речевых команд в управлении роботами.

Создание коллаборативных роботов. Ожидается, что тесное сотрудничество между людьми и роботами на сборочных линиях и других производствах определит будущее промышленной робототехники. Коллаборативные роботы (коботы) предназначены для совместной работы с людьми, они обучаются с помощью демонстрации человеком необходимых действий. За период 2012–2015 гг. количество проданных коллаборативных роботов возросло почти в 5 раз, а в стоимостном выражении их рынок вырос в 6 раз. По оценкам компании Barclays Research, мировой рынок коллаборативных роботов вырастет с 16 млн долл. в 2012 г. и 111 млн долл. в 2015 г. до 12,2 млрд долл. в 2025 г., а общий парк роботов этого типа вырастет с 700 ед. в 2012 г. до 700 тыс. ед. в 2025 г. Считается, что использование коллаборативных роботов позволит США и другим странам с высокой оплатой труда вернуть производство, которое было перемещено в Китай, Мексику и другие страны.

Новые способы взаимодействия с роботами. Прогнозируется, что роботы будут управляться командами с любого устройства, в любом месте с подключением к Интернету с целью упрощения взаимодействия человека и робота на всех этапах (проектирование, продажа, монтаж, наладка, эксплуатация, контроль и обслуживание).

Усовершенствованные «органы чувств» роботов. Для того, чтобы возможности роботов приблизить к человеческим, необходимо обеспечить им способность находить, идентифицировать и манипулировать объектами. Многие разработки в настоящее время нацелены на совершенствование конечностей манипуляторов, имитирующих человеческую руку, для придания им большей гибкости, скорости и ловкости.

Повышение эффективности. Современные промышленные роботы обеспечивают быстрый возврат инвестиций. Интеграция роботов в производство может повысить производительность труда, снизить накладные расходы, обеспечить гибкость, уменьшить количество отходов, а также повысить качество.

Роботизированное обучение. Проектирование, создание, маркетинг, продажа, установка, эксплуатация и техническое обслуживание роботов создает рабочие места, которые ранее не существовали; эти места, как правило, высокооплачиваемы,

с хорошим уровнем пособий. Роботы позволяют компаниям оставаться конкурентоспособными, даже при сохранении производства в странах с высокой себестоимостью, осуществлять reshoring.

Рынок сервисных роботов

Общее количество профессиональных сервисных роботов (для ОПК и процессов логистики, полевые, медицинские роботы, мобильные платформы и др.), проданных в мире в 2015 г., увеличилось на 25% по сравнению с 2014 г., составило 41,0 тыс. ед. (32,9 тыс. ед. в 2014 г.), объем продаж вырос на 14% (4600 млн долл.).

Ожидается, что в период 2016–2019 гг. около 333 тыс. профессиональных сервисных роботов будет продано на сумму 23,1 млрд долл. В течение этого периода по прогнозу IFR значительно возрастет число и объем продаж следующих роботов:

- логистических систем – до 175 тыс. ед. на сумму 5,3 млрд долл. (в 2015 г. были установлены 19 тыс. логистических систем стоимостью 0,8 млрд долл. и в 2014 г. – 12 тыс. ед., 0,5 млрд долл.);
- для ОПК – будет продано за этот период 74,8 тыс. ед. на 3,3 млрд долл. (в 2015 г. продано 11,2 тыс. ед., 1,0 млрд долл. и в 2014 г. 11,0 тыс. ед., также 1,0 млрд долл.);
- полевых роботов – прогнозируется продать за 4 года 34,6 тыс. ед. на 5,8 млрд долл. (в 2015 г. продано 6,4 тыс. ед., 1,1 млрд долл. и в 2014 г. 5,8 тыс. ед., 1,0 млрд долл.);
- медицинских роботов – 8,2 тыс. ед. на сумму 7,2 млрд долл. за период (1,3 и 1,2 тыс. ед. на сумму 1,5 и 1,4 млрд долл. в 2015 г. и 2014 г., соответственно); медицинские роботы являются наиболее дорогими, их стоимость в среднем составляет 1 млн долл., с учетом стоимости аксессуаров и дополнительных услуг.

Начиная с 1998 г., в общей сложности используется около 220000 сервисных роботов, однако получить точные оценки затруднительно из-за различного срока эксплуатации роботов (например, подводные роботы могут использоваться более 10 лет, промышленные роботы – 12 лет, срок службы роботов для ОПК – несколько месяцев и менее)⁶.

В 2015 г. роботов для ОПК было продано, таким образом, около 23% от общего объема продаж профессиональных сервисных роботов; доля проданных в 2015 г. полевых роботов составила 16%, медицинских роботов – 3% (32% от общей стои-

мости проданных профессиональных сервисных роботов); роботов для процессов логистики – 46% от общего объема продаж и 17% от общей стоимости профессиональных сервисных роботов.

Ожидается, что в период 2016–2019 гг. будет продано 42 млн потребительских сервисных роботов на сумму 22,4 млрд долл., в том числе для домашнего пользования 30,8 млн ед. на сумму 13,2 млрд долл. (1,2 и 1,2 млрд долл., 3,7 и 3,4 млн ед. в 2015 г. и 2014 г. соответственно) и роботов для развлечения и досуга – 11 млн ед. на сумму 9,1 млрд долл. (1,0 и 1,0 млрд долл., 1,7 и 1,3 млн ед. в 2015 г. и 2014 г. соответственно).

В 2015 г. было продано около 5,4 млн сервисных роботов для домашнего использования (на 16% больше, чем в 2014 г., объем продаж за год увеличился с 2,1 до 2,2 млрд долл.). В основном это роботы для чистки помещений, скашивания травы, роботы для развлечения и для образования. Отдельно выделяются роботы для инвалидов. Их продажи также значительно выросли (более чем в 6 раз – с 699 ед. в 2013 г. до 4713 ед. в 2015 г.).

Расширение использования и программы развития робототехники в наиболее развитых странах

Германия. В 2015 г. сектор робототехники и автоматизации в Германии достиг 12,2 млрд евро, рост составил 7% по сравнению с предыдущим годом. Высокий спрос во всем мире на робототехнику и интегрированные решения для сборки позволяют прогнозировать дальнейший рост продаж. В 2016 г. Союз немецких машиностроителей (VDMA) оценил объем продаж на уровне 12,5 млрд евро (рост на 2%).

По оценкам, приведенным Automatica⁷, 81% промышленных менеджеров в Германии ожидают, что использование роботов в малых и средних компаниях существенно возрастет благодаря появлению коллаборативных роботов (коботов). В настоящее время 52% немецких компаний либо уже автоматизированы с помощью промышленных роботов, либо рассматривают конкретные возможности использования робототехники. Быстрому распространению промышленных роботов на малых и средних предприятиях способствует низкая стоимость нового поколения роботов и гибкость их работы. Конкуренция в области промышленных роботов в Германии довольно высока, помимо собственной компании KUKA имеются также дочерние компании ABB Robotics, Stäubli и другие.

⁶ <http://www.ifr.org/service-robots/statistics/>

⁷ <http://www.automatica-munich.com/link/en/28872362>

По данным IFR, Германия занимала в 2014 г. четвертое место в мире по числу установленных промышленных роботов и первое – в Европе.

Северная Америка. По данным Robotic Industries Association, в 2015 г. в Северной Америке были сделаны заказы на 31464 робота на сумму 1,8 млрд долл. (на 14% больше в количественном и на 11% в стоимостном выражении по сравнению с 2014 г.). Было отгружено 28049 роботов общей стоимостью в 1,6 млрд долл. (на 10% и 9% больше, чем в 2014 г. соответственно). Автомобильная промышленность была основным потребителем роботов, на втором месте была полупроводниковая и электронная промышленность. Наиболее значительно вырос спрос на промышленных роботов для нанесения покрытий и распределения (рост на 49%), складской техники (24%) и точечной сварки (22%).

По данным обследования, проведенного компанией PwC, 59% производителей в настоящее время используют роботизированную технологию; 28% считают, что замена рабочих роботами будет иметь наибольшее влияние на производство США в ближайшие 3-5 лет; 35% считают, что наибольшее влияние будет оказывать создание новых рабочих мест для проектирования передовых роботов и роботизированных операционных систем.

Китай. С 1999 г. спрос на роботов в стране растет в среднем на 35% в год. За 2009-2011 гг. поставки роботов выросли почти в 5 раз. Основной спрос на роботов предъявляет автомобилестроение. Если в 2006 г., по данным IFR, в отрасли было всего 36 роботов на 10 000 работников, то в 2011 г. – уже 141 и в 2015 г. – 392, см. выше.

В 2015 г. объем продаж роботов в Китае превысил 68 тыс. ед. (на 18% выше, чем в 2014 г.). В основном Китай закупает роботов у 4-х транснациональных корпораций – ABB Group, Fanuc Corp., Yaskawa Electric Corp и Kuka Robotics. На них приходится 58% рынка. Однако в 2013 г. каждый четвертый из установленных за год в Китае 37 тыс. промышленных роботов был произведен в стране. По оценкам, к 2018 г. в стране будет работать более 30% всех промышленных роботов в мире. В соответствии с прогнозом IHS Technology, в структуре продаж промышленных роботов будут преобладать шарнирные (сочлененные) роботы, хотя ожидается увеличение доли SCARA роботов в связи с тем, что отрасли, в которых они используются, сталкиваются с нехваткой рабочей силы и ростом ее стоимости.

Быстрый рост рынка промышленных роботов в Китае вызван целым рядом причин: старение населения (доля населения в возрасте до 65 лет сократилась с 95% в 1990 г. до 92% в 2010 г., и продолжает сокращаться); подорожание рабочей силы. Развитие робототехники получило правительственную поддержку в рамках программы «Сделано в Китае 2025» («Made in China 2025»), согласно которой к 2030 г. страна должна стать лидером на рынке робототехники. План развития робототехники включает в себя следующие цели, которые должны быть достигнуты к 2020 г.: создание не менее 3 роботостроительных компаний; производство 100 тыс. промышленных роботов китайскими компаниями⁸. Автомобильная промышленность в настоящее время является крупнейшим заказчиком роботов в Китае, на нее приходится около 40% парка роботов, далее следует электронная промышленность.

Эксперты, однако, предостерегают Китай от возможных последствий ускоренной роботизации страны, которая приведет к потере рабочих мест многочисленными работниками среднего звена, особенно в отраслях обрабатывающей промышленности.

Южная Корея. Южная Корея является одной из ведущих робототехнических стран. Правительство страны поддерживает робототехнические технологии на протяжении более 10 лет, а в апреле 2015 г. разработало стратегию инноваций в промышленности (Инновационная стратегия обрабатывающей промышленности 3.0) и опубликовало проект роботизации малого и среднего бизнеса в стране. В настоящее время 93% робототехнических компаний Южной Кореи представляют собой малые и средние предприятия. В 2014 г. южнокорейский рынок промышленной робототехники вырос на 19,2% и достиг 2,6 млрд долл. По прогнозам ожидается среднегодовой рост производства промышленных роботов на 18% в течение следующих 5 лет.

Правительство Южной Кореи предоставило компании Samsung многомиллионные инвестиции для разработки высокоточных роботов, которые в настоящее время дороги и часто закупаются за рубежом. Предполагается, что проект будет выполнен к концу 2018 г., что позволит отказаться от использования китайских рабочих с низкой зарплатой и заменить их роботами. Роботы будут делать мобильные телефоны и другую бытовую электронику, требующую высокого уровня точности. В стране действует Robot Pilot Program, направленная на поддержку и продвижение проектов в области робототехники с дальнейшей их коммерциализацией.

⁸ http://usa.chinadaily.com.cn/china/2016-07/30/content_26277038_3.htm

Программа развития робототехники в странах ЕС. В 2014 г. стала разрабатываться новая европейская программа развития робототехники Strategic Research Agenda For Robotics in Europe (SPARC). Программа SPARC охватывает промышленность, сельское хозяйство, здравоохранение, транспорт, гражданскую безопасность, домашние хозяйства. Цель программы состоит в усилении позиции Евросоюза на мировом рынке робототехники и повышении показателя годовых продаж европейских роботов до 60 млрд евро в год к 2020 г.

Программа ставит своей задачей расширение сферы применения робототехники, повсеместного ее использования не только на крупных предприятиях, но и на средних и малых производствах. Ожидается, что будут созданы 240 тыс. новых рабочих мест в Европе⁹.

В дорожной карте 2015 г. были выделены следующие виды роботов¹⁰: промышленные, медицинские, сельскохозяйственные, гражданские, коммерческие, транспортные и логистические, потребительские.

Промышленные роботы. Предполагается, что в среднесрочной перспективе они помогут решить следующие задачи: создание простых и гибких производств; миниатюрный монтаж; внедрение кибер-физических производственных систем; внедрение интуитивных и адаптивных производственных систем, включая интуитивное программирование; развертывание двуруких легких и недорогих манипуляторов; расширение сотрудничества с человеком. Области использования: электронная промышленность, производство транспортных средств и оборудования, металлургическое производство, производство резиновых и пластмассовых изделий, пищевых продуктов, включая напитки, и табака. Особое место занимает применение роботов в пищевой промышленности. Они используются там, где есть высокий уровень ручного труда, потребность в гибком производстве, или где имеется значительный риск загрязнения. Предполагается, что будущие возможности робототехники в этой отрасли будут зависеть от степени развития ее модульности и возможностей адаптации (адаптация к индивидуальным заказам, переход на новый тип продукции). Особое внимание уделяется развитию возможностей манипуляции роботов с мягкими материалами, в том числе в таких отраслях, как пищевая и швейная промышленность.

Роботы в области медицины и здравоохранения. Роботы в области медицины и здравоохранения

могут быть разделены на три основные группы: клинические, реабилитационные и вспомогательные. Клинические роботы применяются в диагностике, лечении, хирургии и изготовлении лекарств. Реабилитационные роботы – в послеоперационном периоде или при уходе после травм. Вспомогательная робототехника охватывает другие аспекты здравоохранения (основной функцией является предоставление вспомогательной помощи пациентам в больнице).

Роботы в сельском хозяйстве. Главной целью применения робототехники в сельском хозяйстве является повышение эффективности фермерских хозяйств при сохранении экономических и экологических стандартов. Ожидается, что возрастающее использование роботизированных технологий повлияет на качество жизни работников фермы и сможет привлечь молодое поколение в сельское хозяйство. В настоящее время современные робототехнические системы обеспечивают ограниченную автоматизацию процессов. Предполагается, что в будущем произойдет постепенное увеличение уровня автономии за счет обработки большого объема данных и использования знаний о каждом хозяйстве (например, предпочтений фермера и работников), улучшения анализа почвы, распределения сельскохозяйственных культур более эффективным способом. Сельскохозяйственные автономные роботы можно распределить по трем основным категориям: земледелие, животноводство и производство специальных культур. В будущем ожидается, скорее всего, создание систем, способных избирательно собирать урожай спелых плодов, а также диагностировать и избирательно реагировать на ранние признаки заражения вредителями или заболевания сельскохозяйственных культур.

Гражданская робототехника. Сфера гражданской робототехники включает в себя широкий спектр работ: от поддержки гражданской инфраструктуры (дорог, канализации, обслуживания общественных зданий, инспекция рек, сбор мусора и т.д.) до поддержки правоохранительных органов и помощи в чрезвычайных ситуациях. Гражданские роботы будут работать под наблюдением квалифицированного персонала в опасных, загрязненных средах или в экстремальных условиях, которые представляют угрозу жизни людей. Типичными областями применения роботов для гражданской инфраструктуры являются: обслуживание и чистка городских улиц; услуги гражданской безопасности (полиция или пограничные службы, органы без-

⁹ Strategic Research Agenda for Robotics in Europe – SPARC. The Partnership for Robotics in Europe

¹⁰ Robotics 2020. Multi-Annual Roadmap For Robotics in Europe / Call 2 ICT24 (2015) – Horizon 2020. Release B 06/02/2015

опасности); аварийные службы (пожарная служба, скорая помощь и береговая охрана); экологические услуги, такие, как наблюдение рек, контроль качества воздуха и степени загрязнения окружающей среды. Робототехника используется также в научных исследованиях, таких как исследования океанов, вулканов, геологических обследований. Ожидается рост рынка дистанционно управляемых морских роботов, автономных беспилотных автомобилей и др.

Роботы для коммерческой сферы. Роботы для коммерческой сферы будут использоваться в нефтегазовой и горнодобывающей промышленности, в строительстве, энергетике, маркетинге, для непрерывного контроля, инспекции и ремонта, для осмотра и технического обслуживания коммерческой инфраструктуры и пр.

В будущем предполагается разработать следующие виды роботизированных систем в сфере транспорта и логистики: автономные наземные средства, автономное комплектование, автономная упаковка и загрузка для распределения, планирование оптимизации складских операций, системы разгрузки, укладки на поддоны, распаковки, переупаковки и штабелирования, логистические процессы в розничной торговле и др.

Потребительские роботы. Потребительские роботы включают в себя: бытовую технику, средства для развлечений, образовательных роботов, помощников в быту.

Стратегия развития робототехники в Японии. Вслед за европейской, в 2014 г. была принята программа развития робототехники в Японии, получившая название «Революция роботов». Японская программа ориентирована на повсеместное распространение робототехники в медицине, сельском хозяйстве и строительстве, и рассчитана на 2015-2020 гг. Программа ставит своей целью обеспечить рост продаж робототехники с 600 млрд иен (4,9 млрд долл.) в год до 2,4 трлн иен в 2020 г. Необходимость новой программы объясняется целым рядом причин: старение общества, нехватка рабочей силы, повышенное внимание к робототехнике в других странах как к ключевому условию роста экономики.

Промышленные роботы. Японские компании являются крупнейшими поставщиками промышленных роботов в мире. Продажи роботов в 2012 г. составили 340 млрд иен (около 50% рынка), при этом в ключевых элементах робототехники, таких как точные редукторы и ряд других, доля Японии доходила до 90%. Правительство Японии рассматривает роботизацию в качестве потенциального решения проблем быстро стареющего общества (число граждан в возрасте от 65 лет и выше в октябре

2013 г. превысило 32 млн человек, почти четверть населения страны, а расходы на социальное обеспечение достигли 108 трлн иен в 2012 финансовом году). По оценкам правительства, численность занятых в стране составляет менее 80 млн человек и, по прогнозам, будет продолжать снижаться дальше. Безработица в настоящее время находится на минимальном за 18 лет уровне в 3,3%, некоторые производства вынуждены механизировать производство из-за невозможности найти сотрудников.

Сервисные роботы. По оценкам, объем рынка сервисных роботов, который в 2012 г. составлял около 60 млрд иен, включая медицинские услуги, приложения в области безопасности и логистики, вырастет до 2,6 трлн иен в 2025 г.

По данным Boston Consulting Group, робототехника Японии может помочь сократить на 25% затраты труда заводских рабочих к 2025 г. и привести к значительному повышению производительности труда в секторе услуг (по оценкам, на 60%).

По Стратегическому плану развития роботов в Японии важнейшими являются следующие направления: превращение нероботизированных устройств в роботов с помощью новейших сенсорных технологий и технологий искусственного интеллекта (например, автомобили, бытовая техника, мобильные телефоны и т.д.); использование роботов на производстве, а также в различных сферах повседневной жизни, что приведет к формированию общества, в котором добавленную стоимость будут создавать роботы. Если до настоящего времени роботизация осуществлялась, в основном, крупными компаниями в автомобильной, электротехнической и электронной отраслях промышленности, то в будущем роботы будут обслуживать потребности пищевой и легкой промышленности (продовольствие, косметические, медицинские и фармацевтические товары) и сферы услуг.

В целом намечено увеличить в 2 раза рынок роботов, используемых в производственном секторе, к 2020 г., увеличить темпы роста производительности труда в обрабатывающей промышленности более чем на 2% в год, увеличить уровень роботизации процессов сборки для крупных компаний и для малого и среднего бизнеса по отношению к показателям 2015 г.

Для сервисных роботов предполагается достичь к 2020 г. 20-кратного увеличения рынка роботов, используемых в непроизводственной сфере, и трехкратного роста производительности труда в сфере услуг. Ожидается рост внутреннего рынка хирургических роботов, увеличение доли больных, за которыми ухаживают роботы, с 59,8% в настоящее время до 80% в 2020 г., доли роботов для реабилитации с 65,1% до 80% соответственно.

В сфере обслуживания инфраструктуры, ликвидации последствий стихийных бедствий и строительстве ожидается увеличение темпов распространения автоматизированных технологий с использованием датчиков, роботов и технологий неразрушающего тестирования.

В сельском, лесном хозяйстве, рыболовстве и пищевой промышленности прогнозируется ввод в эксплуатацию в полевых условиях самоходных тракторов к 2020 г., внедрение, по крайней мере, 20 моделей новых роботов, которые будут способствовать энергосбережению и повышению производительности труда в этих отраслях.

Роботы в России

Интенсивное развитие робототехники, происходящее в мире, неизбежно ставит вопрос об ускорении развития этой революционной технологии в нашей стране.

Однако за период перехода к рыночной экономике отечественное станкостроение было в значительной степени разрушено. По данным Н. Паничева, последнего министра станкоинструментальной промышленности СССР, к 2011 г. сохранилось всего около 180 предприятий и организаций этой отрасли (примерно 70% от производственной мощности в РСФСР), которые выпускают только 5% продукции от уровня советского времени (половина этого выпуска идет на экспорт). При этом полностью уничтожено 42 станкостроительных предприятия. Особенно пострадали предприятия в Москве – Московский станкостроительный завод им. Орджоникидзе, «Фрезер», Завод координатно-расточных станков, Институт ЭНИМС и завод «Станкоконструкция», «Красный пролетарий»¹¹. Все это значительно усложняет ситуацию и требует незамедлительного принятия соответствующих мер на самом высоком государственном уровне.

Развитие парка производственных роботов требует больших усилий по восстановлению и дальнейшему развитию производств, являющихся основными потребителями этой прогрессивной технологии и предъявляющих спрос на робототехнику. Очевидно, с помощью стартапов и других

частных мероприятий развитие робототехники не может быть осуществлено в желаемые сроки. Следует подчеркнуть, что возрождение многих заводов, например, «Красного пролетария», на котором уже в середине 1980-х гг. имелась линия с обрабатывающими центрами и роботами, еще возможно, так как все коммуникации сохранились, тем более, что пока имеются кадры: инженеры, конструкторы, технологи и рабочие¹².

Во времена СССР было выпущено в общей сложности более 100 тыс. промышленных роботов. Они заменили более одного миллиона рабочих. Однако за период 1992–1994 гг. почти все эти роботы перестали существовать. На 2004 г. парк роботов в России оценивался в 5 тыс. ед., в 2007 г. и в начале 2015 г. – около 8 тыс. ед.¹³. В то время как страны Азии, Америки и Европы продолжают наиболее активно внедрять промышленные роботы, см. выше, показатели для России представляются особенно низкими. По данным IFR и НАУРР (Национальная ассоциация участников рынка робототехники) продажи промышленных роботов в России были осуществлены в 2009 г. и составили 268 ед., в 2010 г., несмотря на общее оживление в экономике, продажи сократились до 232 ед.; в 2013 г. был достигнут максимум продаж – 615 роботов, но в 2014 г. объем продаж снизился примерно до 340 роботов из-за падения валютного курса. В 2015 г., по оценкам, было продано около 550 роботов (0,25% мирового рынка), в основном производства компаний KUKA и FANUC (около 90% рынка). В среднем в России объем продаж роботов составляет всего около 500-600 роботов в год, плотность роботизации – около 2 роботов на 10 000 рабочих, в Китае и ЮАР – около 24, в Бразилии – 5, в Индии примерно так же, как и в России.

Следует учитывать также компании – системные интеграторы, встраивающие роботы в технологический процесс (разработка специализированной оснастки, настройка ПО, сервис и т.д.), которых в России насчитывается около 50 компаний-интеграторов¹⁴. В указанной работе отмечаются проблемы развития производства и использования роботов в стране, в том числе наличие готовых импортных решений; недостаток собственных техно-

¹¹ Чуйков А. Эра болтунов // Аргументы Недели. 25 августа 2011. № 33 (274)

¹² Черпаков Б.И. Станкостроение, робототехника, автоматизированные комплексы и предприятия: проблемы развития и повышения инновационной активности // Инновационный менеджмент в России (проблемы стратегического управления и научно-технологической безопасности) / Руководители автор. колл. Макаров В.Л., Варшавский А.Е. М.: Наука, 2004.; Речменский В. Жизнь и смерть «красного пролетария» // Аргументы Недели. 19 января 2012. № 2 (294)

¹³ Анализ робототехники в России // ProRobot.ru. 07.02.2011. http://www.prorobot.ru/18/analiz_robototehniki.php; Катышев П. Россия без роботов // Ведомости. 14.11.2016

¹⁴ Конюховская А. Рынок промышленной робототехники в России и мире // Control Engineering Россия. 2016. № 3 (63). С. 40–44

логий производства; отсутствие российской электронной базы (все современные комплектующие и технологии зарубежные); слабая инфраструктура; нехватка оборудования и ПО для проектирования; недостаток государственной поддержки робототехники в целом; отсутствие реальной поддержки малых инновационных компаний со стороны государства; инертность и низкий старт реализации целевой программы развития госпредприятий с применением робототехники; ориентация на задачи служб специального назначения; отсутствие понятных и прозрачных механизмов финансирования исследований; проблемы с поставкой и закупкой комплектующих, что существенно тормозит разработки

По оценке экспертов, инвестиции РФ в робототехнику составляют 30–50 млн долл. в год, тогда как общемировые расходы составляют 7–9 млрд долл.¹⁵ В 2015 г. был закрыт Волжский машиностроительный завод, который был единственным производителем промышленных роботов в стране.

Роботы используются, прежде всего, в автомобилестроении, медицине, производстве военной техники. Для развития производства предполагается использовать ряд мер (субсидирование процентной ставки по кредитам, налоговые льготы и др.) по поддержке компаний, осуществляющих исследования в сфере робототехники и предпринимающих шаги по коммерциализации результатов своих исследований.

Существует несколько факторов, сдерживающих применение промышленных роботов в России. Одна из причин, по которым развитие промышленных роботов в России существенно отстает от показателей ведущих зарубежных стран, состоит в отсутствии государственной поддержки и налоговых льгот для предприятий, выпускающих промышленные роботы. Кроме того, необходимо наличие квалифицированных кадров, способных обеспечить эксплуатацию роботов.

Еще одним существенным фактором, определяющим уровень развития робототехники в стране, является уровень развития автомобильной и в целом обрабатывающей промышленности. Уровень локализации производства иномарок невелик; руководители российского «АвтоВАЗа» оценивали спрос на роботов со стороны автомобильной промышленности России в 300–400 роботов в год, причем около 200 из них производилось для

собственных нужд «АвтоВАЗа» Волжским машиностроительным заводом, закрытом, как уже отмечалось, в 2015 г.

В России особое внимание следует, очевидно, уделять и развитию сервисных роботов, учитывая крайне неблагоприятную демографическую обстановку в стране. Безусловно, безальтернативным является ускоренное развитие военных роботов из-за большой протяженности границ и необходимости обеспечения обороноспособности страны. Российский рынок робототехники представлен в основном космическими и специальными роботами (саперами, разведчиками), что затрудняет точную оценку объемов производства робототехники. Однако отставание от развитых стран значительно¹⁶. Следует отметить, что ситуация с сервисными роботами, в первую очередь, для медицины, образования, сферы услуг у нас лучше, чем с промышленными роботами.

Следует учитывать и то, что для рынка робототехники характерны длительные, трудоемкие и капиталоемкие этапы проведения НИОКР и создания опытных образцов. Очевидно, ориентация на стартапы, на деятельность отдельных групп энтузиастов-разработчиков роботов в Сколково, не может дать сколько-нибудь ощутимых для экономики России результатов. Необходима разработка и реализация полноценной государственной стратегии.

Выводы

Таким образом, развитию робототехники в наиболее развитых, а также в развивающихся странах уделяется большое внимание. Отставание в этом направлении, особенно при интенсивном развитии робототехники в мире, для нашей страны недопустимо. Это подчеркивается не только потребностями инновационного развития, но и сложной демографической ситуацией, а также огромной территорией России.

Необходимо срочное ускорение развития промышленных роботов, сервисных роботов, особенно для сельского хозяйства и для ухода за престарелыми и больными, военных роботов.

Представляется целесообразным создание централизованного фонда поддержки фундаментальных и прикладных исследований. Необходимо обеспечение органами государственного управления эффективной координации и достойного финансирования НИОКР, имеющих первостепенное

¹⁵ Newsland.ru (дата обращения: 01.08.2016); Зубарева И. Роботы получают льготы // Российская Бизнес-газета. Промышленное обозрение. 01.04.2014. №941(12).

¹⁶ Робототехника – глобальные перспективы, самые перспективные компании и проекты. <https://utmagazine.ru/posts/7550-robototekhnika-globalnye-perspektivy-samyie-perspektivnye-kompanii-i-proekty>

значение для экономики страны в целом и для развития робототехники в частности, а также восстановление мощного станкостроения в стране.

Для обеспечения научно-технологической безопасности необходимо устранение негативного воздействия рассмотренных макро- и микроэкономических факторов. Требуется осуществление новой структурной политики, основанной на долгосрочных приоритетах развития; ускоренное восстановление ведущих производств обрабатывающей промышленности (станкостроение, радиоэлектронная промышленность и др.); обновление основного капитала, импорт новых для страны технологий, финансовая поддержка и кредитные линии для приоритетных направлений развития; устранение деформаций в оплате труда и чрезмерного неравенства.

Должны быть четко определены направления макроэкономической политики, и на этой основе должны быть сформулированы и реализованы приоритеты научно-технологической и инновационной политики. Система государственных приоритетов должна быть многоуровневой, охватывать отрасли и производства на всех уровнях иерархии. Бизнес вместе с государственными компаниями должен соблюдать эти приоритеты, что требует квалифицированного контроля со стороны органов государственного управления.

Необходимо также изменить цели микроэкономической политики, в первую очередь, обеспечив снижение чрезмерной дифференциации доходов как регионов, так и отдельных домашних хозяйств. Следует понимать, что территориальное неравенство достигло таких размеров, когда возникли чрезвычайно мощные центростремительные тенденции, которые при их сохранении и усилении могут в условиях усиления глобальной нестабильности стать реальной угрозой возможного перехода от сегодняшней России с ее огромной территорией к Московскому княжеству. Соответственно, тормозится и инновационная деятельность.

Очевидно, для обеспечения научно-технологической безопасности России должен быть повышен уровень государственного управления, что подтверждается результатами опроса участников Гайдаровского форума в январе 2017 г., которые показали, что самыми важными являются, по мнению опрошенных, следующие вызовы: неэффективность госуправления (30% респондентов) и технологическое отставание (26%)¹⁷.

Все это должно учитываться при прогнозировании и разработке различных сценариев долгосрочных тенденций развития прогрессивных технологий, в частности, робототехники в России.

Список литературы

1. Инновационный менеджмент в России (проблемы стратегического управления и научно-технологической безопасности) / руководители автор. колл. Макаров В.Л., Варшавский А.Е. Монография. М.: Наука, 2004. 880 с.
2. Варшавский А.Е. Основные тенденции и показатели развития робототехники // Концепции. 2015. № 1 (33). С. 16–25.
3. Колюховская А.Е. Рынок промышленной робототехники в России и мире // Вестник Института проблем естественных монополий: техника железных дорог. 2016. № 3 (35). С. 5–11. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26452801>
4. Инновационный путь развития для новой России / под ред. Горегляда В.П. М.: Наука, 2005. 343 с.
5. Robotics 2020. Multi-Annual Roadmap For Robotics in Europe/ Call 2 ICT24 (2015) – Horizon 2020. Release B 06/02/2015
6. Робототехника – глобальные перспективы, самые перспективные компании и проекты. URL: <https://utmagazine.ru/posts/7550-robototekhnika-globalnye-perspektivy-samye-perspektivnye-kompanii-i-proekty>
7. Venkatesan V.S. GSM Controlled Robotics. In.: Fourth International Conference on Advanced Computing & Communication Technologies, 2014. Central Power Res. Inst., Bangalore, India. DOI: 10.1109/ACCT.2014.12
8. Shigeoki Hirai, Fumi Seto, Kazuhito Yokoi. Special Issue on Strategic Development of Advanced Robotics Elemental Technologies. Journal of Robotics and Mechatronics. 2011. Tom 23, issue 6. DOI: 10.20965/jrm.2011.p0906
9. Control Problems in Robotics / eds. Antonio Bicchi, Domenico Prattichizzo, Henrik Iskov Christensen. Springer Tracts in Advanced Robotics, 2003. DOI: 10.1007/3-540-36224-x
10. Innovation, Science, and Institutional Change / eds. Hage J., Meeus M. Oxford Univ. Press, 2009. DOI: 10.1111/j.1467-9310.2008.00543_1.x
11. Ежеленко В. Промышленная робототехника в России. Краткий обзор роботизации, проблем и перспектив внедрения промышленных роботов на отечественных предприятиях. URL: http://www.umpro.ru/templates/art_print.php?art_id_1=395

¹⁷ Кудрин А. Устойчивый экономический рост: модель для России. Выступление на Гайдаровском форуме 13.01.2017. <https://akudrin.ru/>

Об авторе:

Варшавский Александр Евгеньевич, заведующий лабораторией, Центральный экономико-математический институт Российской академии наук (117418, Москва, Нахимовский пр-т, 47), Москва, Российская Федерация, доктор экономических наук, кандидат технических наук, профессор, varshav@cemi.rssi.ru

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

References

1. Innovation management in Russia (problems of strategic management and scientific and technological safety) / Heads of the author. call. Makarov V.L., Varshavsky A.E. Monograph. Moscow: Science, 2004. 880 p. (in Russ.)
2. Varshavsky A.E. Main trends and indicators of development of robotics. *Kontseptsii = Concepts*. 2015; 1(33):16–25 (in Russ.)
3. Koniukhovskaia A.E. Industrial robotics market in Russian and the world. *Vestnik Instituta problem estestvennykh monopolii: tekhnika zheleznnykh dorog = Bulletin of the Institute of Natural Monopolies: Railway Engineering*. 2016; 3(35):5–11 (in Russ.)
4. Innovatsionnyi put' razvitiya dlya novoi Rossii [Innovative way of development for the new Russia] / ed. Goreglyada V.P. M.: Nauka, 2005. 343 p. (in Russ)
5. Robotics 2020. Multi-Annual Roadmap For Robotics in Europe/ Call 2 ICT24 (2015) – Horizon 2020. Release B 06/02/2015 (in Eng.)
6. Robototekhnika – global'nye perspektivy, samye perspektivnye kompanii i proekty [Robotics – global perspectives, the most promising companies and projects]. URL: <https://utmagazine.ru/posts/7550-robototekhnika-globalnye-perspektivy-samyeperspektivnye-kompanii-i-proekty> (in Russ.)
7. Venkatesan V.S. GSM Controlled Robotics. In.: Fourth International Conference on Advanced Computing & Communication Technologies, 2014. Central Power Res. Inst., Bangalore, India. DOI: 10.1109/ACCT.2014.12 (in Eng.)
8. Shigeoki Hirai, Fumi Seto, Kazuhito Yokoi. Special Issue on Strategic Development of Advanced Robotics Elemental Technologies. *Journal of Robotics and Mechatronics*. 2011. Tom 23, issue 6. DOI: 10.20965/jrm.2011.p0906 (in Eng.)
9. Control Problems in Robotics / eds. Antonio Bicchi, Domenico Prattichizzo, Henrik Iskov Christensen. *Springer Tracts in Advanced Robotics*, 2003. DOI: 10.1007/3-540-36224-x (in Eng.)
10. Innovation, Science, and Institutional Change / eds. Hage J., Meeus M. Oxford Univ. Press, 2009. DOI: 10.1111/j.1467-9310.2008.00543_1.x (in Eng.)
11. Ezhelanko V. Promyshlennaya robototekhnika v Rossii. Kratkii obzor robotizatsii, problem i perspektiv vnedreniya promyshlennykh robotov na otechestvennykh predpriyatiyakh [Industrial robotics in Russia. A brief overview of the robotization, problems and prospects for the introduction of industrial robots in domestic enterprises]. http://www.umpro.ru/templates/art_print.php?art_id_1=395 (in Russ.)

About the author:

Alexander E. Varshavsky, Central Economics and Mathematics Institute of the Russian Academy of Sciences (47, Nakhimovsky prospekt, Moscow, 117418), Moscow, Russian Federation, Doctor of Economic Sciences, Candidate of Technical Sciences, Professor, varshav@cemi.rssi.ru

The author have read and approved the final manuscript.