

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ И РОБОТИЗАЦИИ В СВАРОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ (ОБЗОР)

А. А. МАЗУР, О. К. МАКОВЕЦКАЯ, С. В. ПУСТОВОЙТ

ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины. 03680, г. Киев-150, ул. Казимира Малевича, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

Представлена систематизированная экономико-статистическая информация о развитии автоматизации и роботизации в сварочном производстве. Главной особенностью мировой экономики на современном этапе является использование передовых автоматизированных (роботизированных) систем. Уменьшение затрат на переоснащение предприятий вследствие снижения стоимости роботов, компьютерных числовых контроллеров, аппаратных средств автоматизации и программного обеспечения способствует инвестированию в автоматизацию промышленного производства. Библиогр. 14, табл. 4, рис. 8.

Ключевые слова: сварка, автоматизация, роботизация, сварочные роботы

Главной особенностью мировой экономики на современном этапе является переход от эры промышленной автоматизации к всемерному использованию передовых автоматизированных/роботизированных систем в производстве. Широкое внедрение информационных и компьютерных технологий изменило концепцию автоматизации современного производства, и дало потенциал для ее глобального роста. Рынок средств и технологий автоматизации стал привлекательным для инвестиций во всем мире. Средний ежегодный рост продаж на мировом рынке автоматизации производства в течение последних 10 лет составил около 6,6 %; объем продаж в 2015 г. превысил 185 млрд дол. США, а к 2024 г., по прогнозу [1], достигнет 352 млрд дол. США.

Основной причиной привлекательности инвестирования в автоматизацию промышленного производства стало существенное уменьшение затрат на переоснащение предприятий. Снижение стоимости роботов, компьютерных числовых контроллеров, аппаратных средств автоматизации (датчики, процессоры), программного обеспечения привело к сокращению срока окупаемости технологического оборудования и инвестиций. Средняя цена робота в 2015 г., по сравнению с 2000 г., снизилась на 30 %. Как пример можно привести данные о стоимости робота для точечной сварки. По данным Бостонской исследовательской компании (BSG) его стоимость снизилась на 27 % — в среднем от 182 тыс. дол. США до 133 тыс. дол. США (по сравнению с 2005 г.), а к 2025 г. ее снижение составит еще 22 %. В ближайшее десятилетие ожидается снижение цен на аппаратное и программное обеспечение, которое составит свыше 20 %.

Динамика изменения структуры стоимости типового робота для точечной контактной сварки в

автомобилестроении, согласно данным [2, 3], приведена на рис. 1 [3]. На период до 2025 г. ожидается снижение затрат на управление проектами внедрения роботов на производстве, уменьшение расходов на системную инженерию, поскольку в основном достигнуты преимущества оффлайн программирования. За счет устранения защитных ограждений и датчиков будут сокращены затраты на периферийные устройства. Незначительно снизится стоимость самих роботов (включая программное обеспечение), поскольку она становится близка к издержкам на материалы, а объем производства для автомобильной промышленности уже высок.

В то же время, в соответствии с прогнозом, производительность робототехнических систем будет ежегодно возрастать примерно на 5 %. В настоящее время роботы выполняют более 10 % всех производственных операций, а к 2025 г. уже более 40 % всех производственных операций в промышленности будет выполняться роботами.

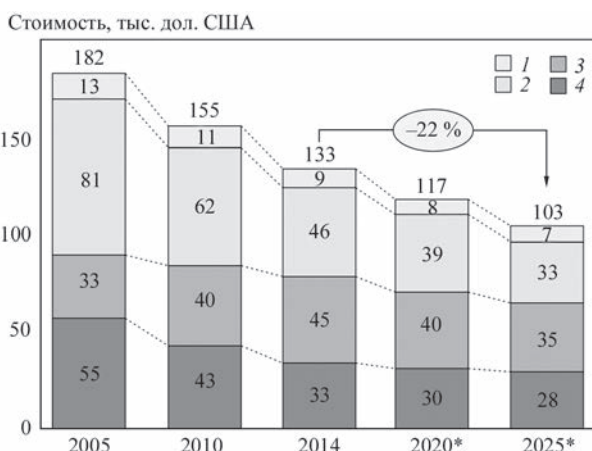


Рис. 1. Динамика изменения структуры стоимости системы типового робота точечной сварки в автомобильной промышленности США (* — прогноз): 1 — управление проектом; 2 — системная инженерия; 3 — периферийные устройства; 4 — робот

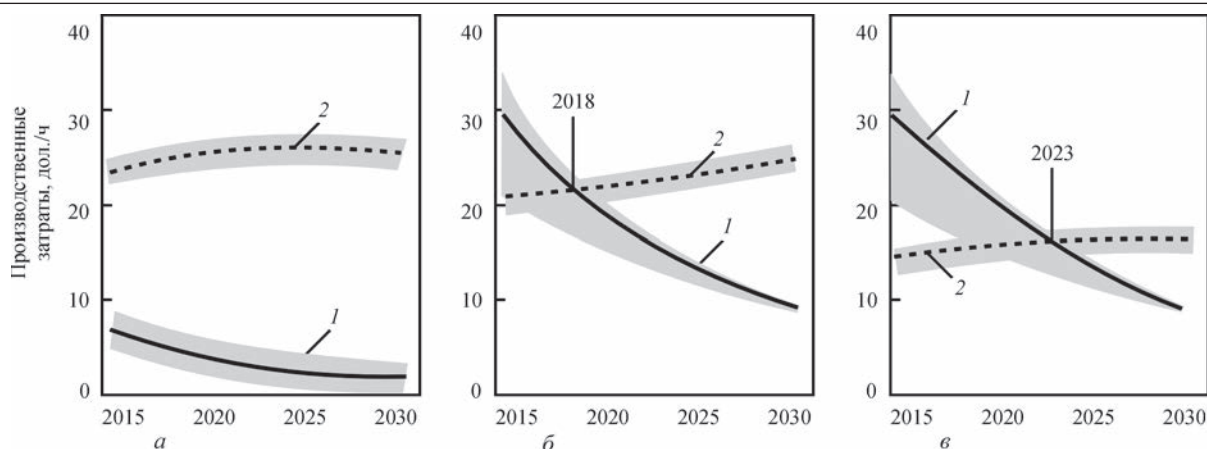


Рис. 2. Сравнение производственных затрат при использовании роботов (1) и труда рабочего (2) в ряде отраслей промышленности США: а — автомобилестроение; б — электрооборудование; в — мебельное производство

Неуклонное снижение стоимости робототехники делает ее более привлекательной для малого и среднего бизнеса и открывает новые возможности ее широкого применения, а это позволит повысить производительность труда во многих сферах деятельности.

Весомой причиной внедрения робототехники в промышленности является также дефицит рабочей силы на мировом рынке труда. По данным Американского сварочного общества дефицит сварщиков в США в 2020 г. составит около 290 тыс. рабочих и эти рабочие места будут замещены роботами. В соответствии с докладом ARK Invest «Будущее автоматизации» к 2035 г. примерно половина рабочих мест в США будут автоматизированы и роботизированы. В докладе отмечается, что автоматизация увеличит добавочную стоимость труда на один долларовый выпуск на 103 %, добавив 12 трлн. дол. США к общему реальному ВВП. Повышенная производительность, обеспечиваемая автоматизацией, окажет большое влияние на экономический рост, причем реальный ВВП на одного рабочего в США удвоится с 113 тыс. дол. США в 2013 г. до 236 тыс. дол. США в 2035 г. или в годовом исчислении на 3,4 %. [3, 4].

Данные, представленные на рис. 2 [3], показывают, что робототехника уже является экономически жизнеспособной альтернативой труда человека во многих отраслях промышленности США.

Современный рынок становится все более динамичным. Сокращение жизненного цикла продукта, необходимость быстрой смены линейки выпускаемой продукции, учет индивидуальных потребностей и пожеланий заказчика при производстве продукции — залог успеха в конкурентной борьбе на мировом рынке. Все это требует быстрой адаптации, большей точности и согласованности на производственной линии, что сложно осуществить, используя труд рабочих, но становится возможным при автоматизации процесса производства, а это также определяет рост по-

требности в универсальном и программируемом автоматизированном оборудовании. Одним из решений этих задач стало создание нового поколения робототехники — коллаборативной, направленной на совместную работу робота и человека, которое уже начинает вытеснять поколение «изолированных» роботов.

Современные исследования показывают, что совместная работа робота и человека на 80 % продуктивнее, чем работа каждого по отдельности. Короботы — это новые роботы, созданные пионерами рынка (Baxter от компании Rethink Robotics, Universal Robot) и мировыми лидерами, такими как ABB и KUKA. Разработчики короботов доказали, что фактически любого современного робота можно превратить в сертифицированного коробота, полностью безопасного для человека, для этого достаточно лишь перестроить его систему управления, научив её «слушать» новые сенсоры.

В 2008 г. Universal Robots продал первый в мире кобот, как их прозвали в мире — задолго до того, как термин для этого нового класса роботов был широко использован. Сегодня это самый быстрорастущий сегмент мирового рынка робототехники, который по прогнозу аналитиков будет ежегодно увеличиваться на 50 % и ожидается, что в 2020 г. его объем достигнет \$ 3 млрд дол. США [5].

В сегменте средств автоматизации наиболее динамично растет спрос на промышленные роботы (ПР), которые в структуре мирового рынка автоматизации составляют около 4 %, а в структуре мирового рынка средств автоматизации на их долю приходится 17 %. Промышленные роботы выполняют технологические операции быстрее и точнее людей, обеспечивают повышение производительности и снижение общих издержек производства как в развивающихся, так и развитых странах.

Динамика развития мирового рынка автоматизации за 2011–2015 г. представлена в табл. 1 [6].

Рост доходов от продаж в сегменте робототехники более чем на 40 % превышает средний рост

Роботизация и автоматизация

доходов от продаж в сегменте средств автоматизации и на 15 % средний рост доходов на рынке автоматизации в целом.

По данным Международной федерации робототехники (IFR) с 2010 г. по 2015 г. средний ежегодный рост продаж ПР на мировом рынке составил 16 %, а среднегодовые продажи ПР выросли до 183 тыс. ед. Увеличение продаж почти на 60 % свидетельствует о значительном росте спроса на ПР и инвестиций во всем мире. Стоимостной объем рынка ПР в 2015 г. по отношению к предыдущему году увеличился на 9 % и достиг нового максимума — 11,1 млрд дол. США, а с учетом программного и аппаратного обеспечения — составил 35 млрд дол. США (+15,5 %).

Мировой парк ПР в 2015 г. превысил 1664 тыс. ед., но фактическая численность действующего парка ПР, вероятно, значительно больше, поскольку на практике большинство ПР успешно эксплуатируется и после истечения их нормативного срока службы (12–15 лет). По прогнозу IFR мировой парк ПР в 2019 г. составит 2,6 млн ед. — на 1 млн больше, чем в 2015 г.

В табл. 2 приведены данные о количественном объеме ежегодных продаж и парке ПР в мире и основных регионах в 2010, 2014 и 2015 г., а также оценка на 2016 г. [7].

За последние шесть лет применение ПР почти утроилось в основном за счет стран Азии. Рынок азиатского региона — крупнейший, быстро растущий региональный рынок, который составляет более половины мирового рынка ПР. Мировыми лидерами являются Китай, Республика Корея, Япо-

ния, а также США и Германия — их суммарная доля составляет более 75 % мирового рынка.

В 2015 г. продажи ПР в азиатском регионе выросли на 20 % и составили 156 тыс. ед. Китай лидирует по росту продаж как на региональном, так и мировом рынке ПР. В 2015 г. объем реализации ПР в Китае достиг 68,6 тыс. ед., что составило 44 % всего объема продаж в азиатском регионе. В соответствии с данными China Robot Industry Alliance (CRIA) в Китае значительно выросло собственное производство ПР. Объем реализации ПР китайского производства на внутреннем рынке в 2015 г. увеличился на 29 % и составил около 20,4 тыс. ед., а по сравнению с 2013 г. производство увеличилось более чем в 2 раза. Данные о динамике реализации ПР в Китае национального и зарубежного производства представлены на рис. 3 [8].

В 2015 г. продолжился тренд роста продаж ПР и в других странах азиатского региона — Республике Корея (+55%; 38,3 тыс. ед.), Японии (+20 %; 35,0 тыс. ед.), Тайване (+4 %; 7,2 тыс. ед.) и др.

На европейском рынке в 2015 г. объемы продаж ПР выросли на 10 %, при этом основными его сегментами являются Германия (20,1 тыс.

Таблица 1. Динамика роста дохода от продаж основных продуктовых сегментов на мировом рынке средств автоматизации 2011–2015 гг., %

Доход от продаж	2011	2012	2013	2014	2015
Средства автоматизации, всего включая:	5,9	4,3	5,3	5,3	5,5
роботы	6,6	8,3	8,6	7,5	7,5
средства «машинного зрения»	6,6	3,7	7,1	6,2	6,7
сенсоры	5,6	3,6	3,6	4,2	4,2
реле и переключатели	5,5	3,5	3,6	4,2	4,3
устройства движения	4,9	1,5	3,7	4,3	4,4
другие	6,5	6,0	6,0	6,0	6,0

Объем реализации ПР, тыс. ед.

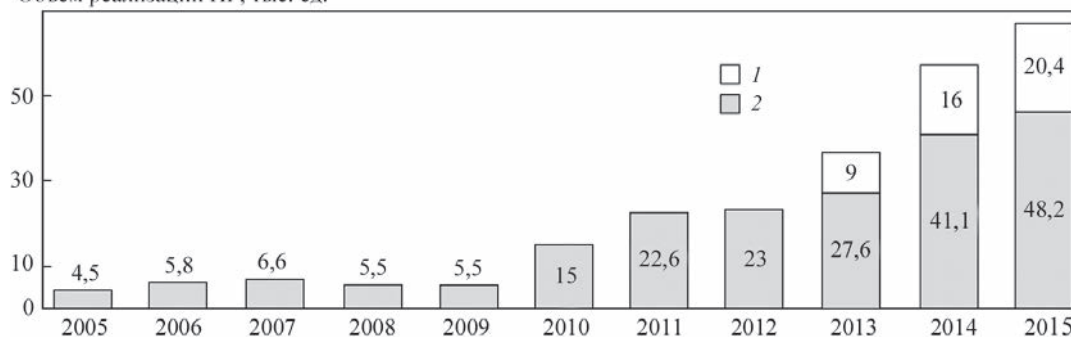


Рис. 3. Динамика реализации ПР в Китае национальных (1) и зарубежных (2) производителей

Таблица 2. Количество ежегодных продаж ПР и общий парк ПР всех типов и назначений в регионах мира в 2010–2016 гг., ед.

Регион	Ежегодные продажи ПР				Парк ПР			
	2010	2014	2015	2016 (оценка)	2010	2014	2015	2016 (оценка)
Всего в мире, в том числе:	120585	220571	253748	290000	1059162	1467900	1664000	1824000
Америка	17114	32616	38134	40200	179785	249500	272000	281000
Азия (вкл. Австралию)	69833	134444	160558	190200	520831	777100	1417000	908500
Европа	30741	45559	50073	54200	352142	411500	519000	431700
Африка	259	428	348	400	2232	4200	4500	4900

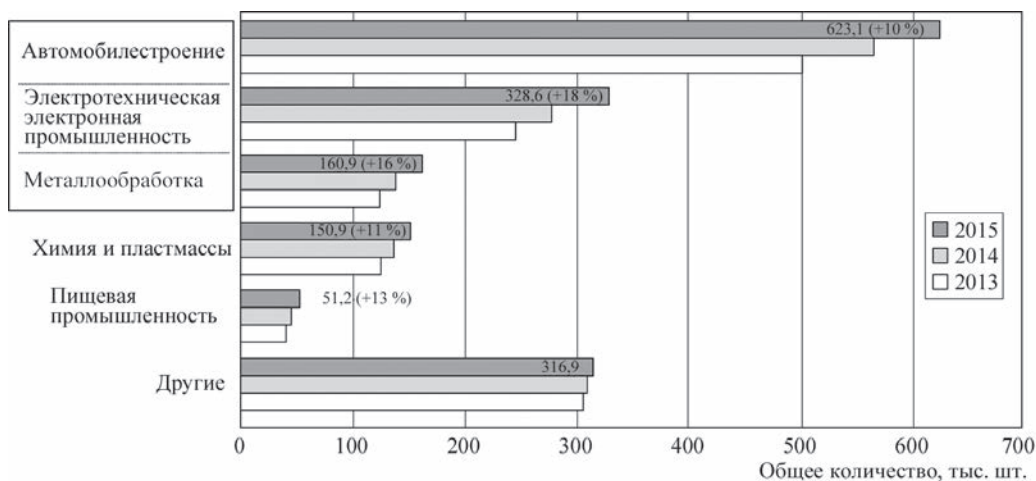


Рис. 4. Количество ежегодно устанавливаемых ПР в отраслях — основных потребителей ПР, ед.

ед.), Италия (6,7 тыс. ед.) и Испания (3,8 тыс. ед.). Важным региональным рынком ПР является и Северная Америка. Объемы продаж в США выросли на 3 % и составили 27,5 тыс. ед., а в Мексике увеличились в два раза и составили 5,5 тыс. ед.

Суммарно более 70 % всех продаж ПР приходится на отрасли автомобилестроения, электротехническую и металлообрабатывающую промышленность. Основным потребителем ПР и главная движущая сила развития современной робототехники — автомобилестроение, доля которого составляет более 40 % всех продаж ПР в мире. В 2015 г. в отрасли было установлено 97,5 тыс. роботов, что является новым рекордом за последние пять лет.

Значительно возросло потребление ПР также в электротехнической/электронной промышленности при производстве компьютеров, медицинских, прецизионных и оптических инструментов, телекоммуникационного оборудования и другой продукции. В 2015 г. объемы реализации ПР в этой отрасли увеличились на 41 % и достигли нового пика — 64,6 тыс. ед. В металлообрабатывающих отраслях промышленности в 2015 г. также был отмечен значительный рост продаж ПР (+39 %).

С каждым годом непрерывно растет число тех профессий, которые роботы успешно осваивают. Согласно данным IFR уже в начале 2013 г. в автомобилестроении роботы задействованы в техно-

логическом цикле уже больше чем на 80 % всех операций, а в начале XXI века этот показатель составлял 45 % [7].

На рис. 4 [9] приведены данные о ежегодно устанавливаемых ПР в течение 2013–2015 гг. в основных отраслях потребителей ПР в мире. На рис. 5 [10] показано как изменялась динамика доли продаж ПР в автомобилестроении в 2005–2015 гг. .

Несмотря на значительный рост рынка ПР средний уровень автоматизации промышленного производства в мире остается достаточно низким. В 2015 г. среднемировой показатель плотности роботов (количество ПР на 10 тыс. занятых в промышленном производстве) составил 55 ед. По показателю плотности ПР Республика Корея, Япония и Германия относятся к числу стран, промышленное производство которых в наибольшей степени автоматизировано. Этот показатель в 2015 г. составил: Республика Корея — 478 ед., Япония — 314 ед., Германия — 292 ед. на 10 тыс. занятых в промышленности.

Наблюдается значительное отставание в уровне роботизации отраслей общего машиностроения по сравнению с автомобилестроением. В промышленно развитых странах уровень роботизации отраслей общего машиностроения в 7–8 раз меньше чем в автомобилестроении, а странах БРИК — в 19 раз. Это является стимулом и потенциалом развития рынка робототехники как в промышленно развитых странах, так и в странах с развивающейся экономикой. На рис. 6 [9] приведены данные показателя об уровне роботизации в автомобилестроении и отраслях общего машиностроения Японии, Германии, США и ряда других стран мира [7, 9].

Автомобилестроение по сравнению с другими отраслями промышленности является наиболее автоматизированной отраслью. В наибольшей степени предприятия автомобилестроения роботизированы в Японии, Республике Корея, Герма-

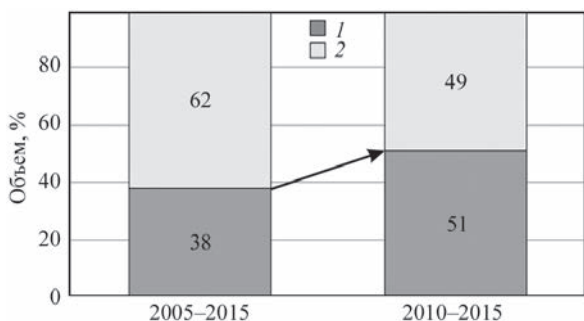


Рис. 5. Динамика изменения структуры ПР в автомобилестроении (1) и других отраслях машиностроения (2), %

Уровень роботизации, ед./10 тыс. занятых

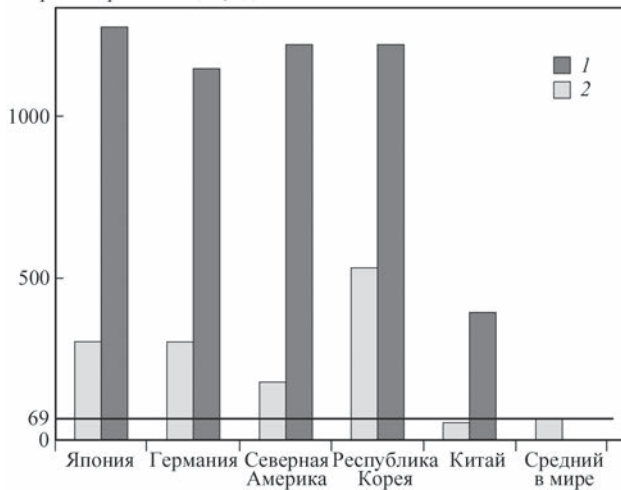


Рис. 6. Плотность ИР в автомобилестроении (1) и отраслях общего машиностроения (2) в 2015 г.

нии и США. Высокий уровень роботизации электронной промышленности наблюдается в Японии и Республике Корея.

Эксперты компании KUKA, используя данные IFR, оценили уровень роботизации отраслей общего машиностроения в десяти странах/регионах мира, в которых сосредоточено 80 % мирового рынка отраслей общего машиностроения, по объему продаж ИР в 2013 г. Результаты проведенного анализа [11, 12] приведены на рис. 7 [11].

Как показывают данные (см. рис. 7) в промышленно развитых и развивающихся странах в большинстве отраслей общего машиностроения имеется значительный потенциал для роста рынка ИР.

Наибольшим спросом на мировом рынке ИР пользуются роботы для обработки материалов: их парк составляет 38 % всего мирового парка ИР и включает роботы для процессов литья, термической обработки, штамповки/ковки.

Роботы для осуществления процесса сборки составляют около 10 %, нанесения покрытий — 4 %, специальных процессов (лазерная и плазменная резка, гидроабразивная резка и др.) — 2 % мирового парка ИР (рис. 8 [7]).

В рамках глобального исследования рынка робототехники компания BSG прогнозирует, что до 2025 г. среднегодовые темпы его роста в 10,4 %. В том числе порядка 10,1 % годового роста продаж роботов в производстве — для сварочных, сборочных, покрасочных, погрузочно-разгрузочных и других видов работ. Объем продаж вырастет с 5,8 млрд дол. США (в 2010 г.) до 24,4 млрд дол. США (в 2025 г.). Таким образом, данный сегмент робототехники, несмотря на меньшие темпы роста, сохранит за собой большую долю рынка робототехники. Порядка 8,1 % годового роста продаж приходится на роботов, используемых для военных целей — в первую очередь беспилотных летательных аппаратов, военных экзоскелетов,

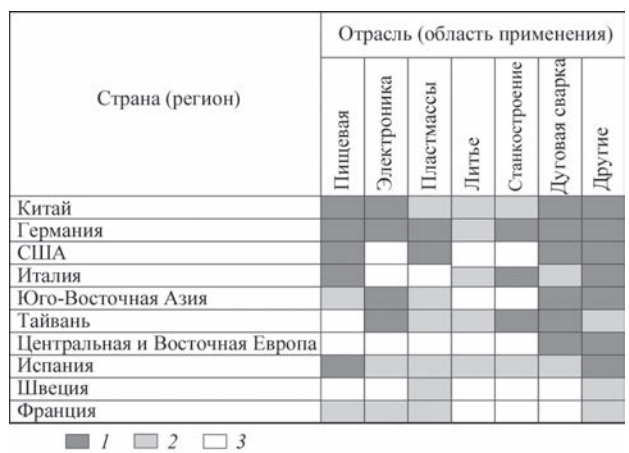


Рис. 7. Оценка уровня роботизации отраслей общего машиностроения в региональном разрезе по количественному объему годовых продаж ИР: 1 — высокий (более 300 ед.); 2 — средний (150...300 ед.); 3 — низкий (менее 150 ед.)

подводных аппаратов и наземных транспортных средств. Объем их продаж к 2025 г. увеличится до 16,5 млрд дол. США. Например, в России доля военных роботов составляет около 50 % всего парка ИР [3].

По оценке IFR и ряда аналитических компаний сварочные роботы составляют 25...30 % мирового парка ИР или около 500 тыс. ед. Они включают преимущественно роботы для дуговой и точечной сварки. Как в количественном, так и в стоимостном выражении в структуре мирового рынка сварочных роботов доля роботов для дуговой и точечной сварки составляет около 50 %.

По регионам структура рынка сварочных роботов заметно отличается. На европейском и американском рынке доминируют роботы для точечной сварки (около 70 %), а на рынках стран Азии — роботы для дуговой сварки (60...70 %).

В течение 2008–2015 гг. объем продаж на мировом рынке сварочных роботов увеличился почти на 50 % — с 33 до более 59 тыс. ед. Основную долю рынка (более 70 %) занимают страны Северной Америки (23 %), Китай (21 %), Европа (18 %) и Япония (10,5 %) [13].



Рис. 8. Структура продаж ИР по видам технологических операций за 2015 г.

Таблица 3. Мировой рынок сварочных роботов в 2015 г.

Страна	Роботы для дуговой сварки		Роботы для точечной сварки		Всего	
	шт.	%	шт.	%	шт.	%
Европа	3400	32,1	7200	67,9	10600	17,9
Россия и СНГ	330	60,0	220	40,0	550	0,9
Китай	7,600	61,8	4700	38,2	12300	20,7
Корея	3 000	61,9	1850	38,1	4850	8,2
Япония	3520	56,6	2700	43,4	6220	10,5
Тайвань	780	75,7	250	24,3	1030	1,7
Индия	810	40,3	1200	59,7	2 010	3,4
ASEAN	2550	54,3	2150	45,7	4700	7,9
Ближний Восток	260	47,3	290	52,7	550	0,9
Африка	270	54,0	230	46,0	500	0,8
Океания	320	49,2	330	50,8	650	1,1
Северная Америка	4800	34,8	9000	65,2	13800	23,3
Центральная и Южная Америка	770	50,7	750	49,3	1520	2,6
Всего	28410	47,9	30870	52,1	59,280	100,0

Source: The Japan Welding News for the World.

Мировой рынок сварочной техники в 2016 г. достиг 24,2 млрд дол. США. В ближайшие пять лет ожидается средний ежегодный рост рынка на 5,6 %. В структуре этого рынка сегмент роботизированного сварочного оборудования составляет около 12 % (2,8 млрд дол. США), при этом ожидается, что его средний ежегодный рост составит около 7 %.

В региональной структуре продаж мирового рынка сварочных роботов на страны азиатского региона приходится почти 60 % (на Китай — 21 %), Европы — 18 % и Северной Америки — 23 %. Доля сварочных роботов в структуре продаж на национальных рынках ПР колеблется от 20 % в Малайзии до 62 % в Индии. В Китае этот показатель в 2015 г. составил 36 %, Бразилии — 38 %, России — 24 %.

По данным издания The Japan Welding News в 2015 г. в мире было установлено более 59 тыс. сварочных роботов, из которых 52 % — роботы для контактной сварки и 48 % — роботы для дуговой сварки. В табл. 3 приведены данные рынка сварочных роботов в 2015 г. [13].

Мировой рынок сварочных роботов находится на подъеме и демонстрирует в последние годы постоянный рост, чему в значительной степени способствуют высокие темпы роста отрасли автомобилестроения в таких странах, как Индия и Китай. Наблюдается значительный спрос на сварочных роботов в отрасли общего машиностроения.

Сдвиг мирового промышленного производства в азиатский регион способствовал снижению цен на сварочные роботы в краткосрочной и среднесрочной перспективе. Это позволило также сократить время окупаемости роботизации процессов сварки и способствует увеличению применения сварочных роботов на предприятиях малого и среднего бизнеса.

Осуществлять постоянный мониторинг и контроль параметров сварки стало возможным при оснащении современных сварочных роботов системами слежения (машинного зрения). Широкое распространение получила интеграция в робототехнические системы для дуговой сварки 3D визуальных систем контроля.

В долгосрочной перспективе прогнозируется значительный рост доходов в секторе роботов для дуговой сварки, поскольку они находят все большее применение в отраслях общего машиностроения, где ручная и механизированная сварка все чаще заменяется роботизированной сваркой.

Поддержание рентабельности в условиях снижения стоимости сварочных роботов стала сегодня серьезной проблемой для производителей ПР во всем мире. Цена становится основным критерием для клиентов при выборе сварочных роботов, так как они стараются снизить капитальные затраты. Поставщикам робототехники приходится все теснее сотрудничать с разработчиками систем автоматизации производственных процессов и производства в целом и разрабатывать индивидуальные решения в соответствии с требованиями конечных пользователей.

Чтобы повысить совместимость различных компонентов, участвующих в технологическом процессе сварки, производители сварочных роботов стремятся наладить партнерские отношения с поставщиками источников питания и другой сварочной техники.

Сегодня на рынке ПР все большим спросом пользуются гибкие и адаптивные роботы, которые подходят для смешанных и многоцелевых производственных линий [13].

Постоянная работа по совершенствованию и разработке принципиально новых конструкций ПР позволила существенно улучшить технико-экономические показатели предлагаемых

Таблица 4. Сопоставление технико-экономических показателей ПР компании KUKA, % (показатели 1980 г. приняты за 100 %)

Показатель	2000 г.	2010 г. (серия Quantec)
Себестоимость изготовления	30	20
Масса	50	40
Количество деталей	30	20
Время сборки	20	15
Затраты на техническое обслуживание	30	30
Производительность	200	300

сегодня на рынке ПР. Примером этого может служить приведенное в табл. 4 сопоставление некоторых технико-экономических показателей ПР, разработанных компанией KUKA [11, 14].

В заключение следует отметить, что промышленные роботы сегодня являются ключевым элементом революционных преобразований производства. Функции, выполняемые ПР, уже давно вышли за пределы выполнения традиционных повторяющихся задач.

Новое поколение ПР отличает такие чисто «человеческие» черты и возможности как разум, ловкость, память, обучаемость и распознавание объектов. Уменьшение размеров, повышение быстродействия, снижение стоимости ПР с одной стороны и необходимость повышения качества, производительности и гибкости производства стали основными факторами роста спроса на робототехнику и расширение областей ее применения.

Робототехника дает возможность революционным образом изменить процесс промышленного производства, способствует комплексному решению задач улучшения качества и повышения производительности, экономии материальных, энергетических и человеческих ресурсов на новом технологическом уровне.

Зачастую применение роботов — это сегодня единственно верный способ выживания в условиях конкуренции не только крупносерийного, но уже среднего и малого производства. Применение промышленных роботов — это уже не прерогатива только крупных промышленных корпораций и крупносерийных концернов.

На сегодня адекватная цена и гибкость построения роботизированных технологических комплексов позволяют применять такое оборудование не только при организации производства промышлен-

ленно-поточным методом, но также на небольших и средних предприятиях.

Список литературы

1. RBC Global Assist Management (2016) *Global megatrends: automation in emerging markets*. <http://www.rbcgam.us>
2. Industrial Automation Market – Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends, and Forecast 2016–2024. (2016). <http://www.prnewswire.com/>
3. The Boston Consulting Group Inc. (2015) *The Robotics Revolution/ the net great leap in manufacturing*. <http://www.bcg.com>
4. ARK Invest. *The Future Automation. White Paper* <http://www.ark-invest.com>
5. *Universal Robots and... the Cobots*. <http://www.universal-robots.com>
6. *Global Industrial Automation* (2012) Credit Suisse. Global Equity Research. (14 August 2012), 102.
7. International Federation of Robotics (2016) *World Robotics 2016 Industrial Robots*.
8. Roehricht K. (2016) *Study on emerging markets, with special focus on Asia*. <http://www.eu-robotics.net>
9. Heagele M. (2016) *An outlook for robots (in industry and service)* Fraunhofer Stuttgart, IPA.
10. Robots. <https://www.macquarieresearch.com/ideas/api/static/file/publications/7303318/Robots230916e254524.pdf>
11. Mohnen P. (2012) *KUKA AG German Corporate Conference Company Presentation*. KUKA AG, January 21.
12. KUKA (2015) *Hello Future*. Annual Report.
13. (2016). World demand for welding robots. *The Japan Welding News for the World*, 20, 77, 9.
14. Spitzauer A. (2012) *KUKA AG Company Presentation*. KUKA AG, September.

О. А. Мазур, О. К. Маковецька, С. В. Пустовойт

ІЕЗ ім. Є. О. Патона НАН України.

03680, м. Київ-150, вул. Казимира Малевича, 11.

E-mail: office@paton.kiev.ua

ОСНОВНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ АВТОМАТИЗАЦІЇ І РОБОТИЗАЦІЇ В ЗВАРЮВАЛЬНОМУ ВИРОБНИЦТВІ (Огляд)

Представлено систематизовану економіко-статистичну інформацію про розвиток автоматизації і роботизації в зварювальному виробництві. Головною особливістю світової економіки на сучасному етапі є використання передових автоматизованих (роботизованих) систем. Зменшення витрат на переоснащення підприємств внаслідок зниження вартості роботів, комп'ютерних числових контролерів, апаратних засобів автоматизації та програмного забезпечення сприяє інвестуванню в автоматизацію промислового виробництва. Бібліогр. 14, табл. 4, рис. 8.

Ключові слова: зварювання, автоматизація, роботизація, зварювальні роботи

Поступила в редакцію 14.04.2017