

Анализ технико-экономических показателей промышленных роботов большой грузоподъемности

Младший научный сотрудник
Учреждения Российской академии наук
Центрального экономико-математического института (ЦЭМИ) РАН,
В.В. Дубинина

Аннотация. В статье проанализированы промышленные роботы компаний ABB и Fanuc большой грузоподъемности. Выделены поколения роботов по типу их контроллера и рассмотрены удельные технико-экономические показатели с целью определения общих тенденций развития роботов этих компаний и поколений. Рассмотрены области применения роботов по отраслям промышленности в России и мире.

Ключевые слова: промышленные роботы, технико-экономические показатели, грузоподъемность.

DOI: 10.34705/KO.2021.84.45.005

Analysis of the technical and economic indicators of industrial robots of large load capacity

Dubinina V.V.

Annotation. The article analyzes industrial robots of ABB and Fanuc large load capacity. Generations of robots are identified according to their controller and specific technical and economic indicators are considered in order to determine the general trends in the development of robots of these companies and generations. The areas of application of robots by industry in Russia and in the world are considered.

Keywords: industrial robots, technical and economic indicators, load capacity.

Введение

Промышленные роботы (ПР) в зависимости от максимальной полезной нагрузки могут быть классифицированы как роботы большой (свыше 100 кг), средней (10–80 кг) и малой (до 16 кг) грузоподъемности [1]. В данной работе исследованы промышленные роботы компаний ABB и Fanuc. Роботы большой грузоподъемности выбраны для анализа, так как они больше всего распространены в автомобильной промышленности не только в мире, но и в России. В зависимости от типа контроллера выделены поколения роботов (для компании ABB выделено три поколения, для компании Fanuc – четыре).

ПР применяются для выполнения многих задач. Например, роботы ABB большой грузоподъемности применяются для точечной сварки, сборки, паллетирования, погрузочно-разгрузочных работ, обслуживания станков,

упаковки. К роботам ABB большой грузоподъемности относятся следующие модели: IRB 640, IRB 6400, IRB 6600, IRB 6620, IRB 6640, IRB 6650, IRB 6700.

Роботы Fanuc большой грузоподъемности выполняют следующие операции: паллетирование, точечная и дуговая сварка, сборка, погрузочно-разгрузочные работы, обработка материалов, обслуживание станков, подбор и перемещение деталей. К роботам Fanuc большой грузоподъемности относятся модели R-2000i, R-1000iA, M-900iA, M-900i, S-420, S-430, S-900, F-200, M-410i HW.

Рассматриваемые роботы компаний ABB и Fanuc являются наиболее распространенными в России, поэтому именно они были выбраны для исследования.

Применение роботов по отраслям промышленности

Наибольшим спросом роботы пользуются в автомобильной промышленности. В 2017 г. мировые продажи ПР в этой отрасли составляли 123 тыс. ед., в 2018 г. – 126 тыс. ед., в 2019 г. – 105 тыс. ед. В период 2010–2019 гг. количество роботов в автомобильной промышленности вы-

росло в 2,69 раза (табл. 1). Парк роботов в автомобильной промышленности в 2019 г. составлял 923 тыс. ед. [2] На автомобильных заводах роботы занимаются сваркой, сборкой, покраской, перемещением и паллетированием продукции. Такие компании, как Fiat, BMW, Vol-

vo, Honda, Great Wall Automobile используют роботы компании ABB; компании Honda, Audi, BMW, Saab, Land Rover, Rolls-Royce, Chrysler, Mitsubishi, Volkswagen, Nissan, General Motors, Ford – роботы Fanuc [3].

В России роботы также больше всего применяются в автомобильной промышленности. В 2018 г. продажи ПР в эту отрасль в нашей стране составляли 390 ед. (39% от проданных роботов).

Для сварки на заводе КАМАЗ используются роботы ABB IRB 1600, 1600ID и IRB 2400L, а также роботы Fanuc [4]. Для сборки и сварки дверей, боковин, кузовов автомобилей на заводе «Группа ГАЗ» применяется более 90 роботов Fanuc [5]. Более 70 роботов ABB задействованы для дуговой и точечной сварки, перемещения деталей на заводе Naval в Тульской области. Завод ПСМА Рус в Калуге использует 54 сварочных робота Fanuc, завод «Автофрамос» - около 100 роботов Fanuc [6].

Помимо автомобильной, роботы используются также в электронной, пищевой, металлургической, химической, аэрокосмической и других отраслях промышленности.

В электронной промышленности мировые продажи ПР сократились в 1,4 раза - с 122 тыс. ед. в 2017 г. до 88 тыс. ед. в 2019 г., однако за период 2010-2019 гг. количество роботов в этой отрасли выросло в 3,4 раза (табл. 1). Парк ПР в электронной промышленности составлял 672 тыс. ед. в 2019 г. [2]. Растущий спрос на новые электронные продукты, батареи, микросхемы и дисплеи является стимулом для увеличения автоматизированного производства. Основная часть роста продаж электронной промышленности приходится на азиатские страны. Для сварки, полировки и покраски ноутбуков, плееров, компьютеров, фотоаппаратов, мобильных телефонов и игровых консолей, проверки и тестирования продукции в компаниях Apple, Dell, Foxconn, Hewlett Packard, Motorola, Nokia при-

меняются роботы ABB, в компании Fastlog AG – роботы Fanuc.

Производитель автомобильных охранных комплексов в России StarLine для сборки и пайки гибких шлейфов электронных плат использует роботы ABB IRB 1200 [7].

В пищевой промышленности мировые продажи ПР составили 12 тыс. ед. в 2018 г. За период 2010–2019 гг. количество роботов в этой отрасли выросло в 2,75 раза (табл. 1). Парк ПР в пищевой промышленности в 2019 г. равнялся 81 тыс. ед. [2] Они выполняют такие задачи как резка и удаление костей из сырых продуктов, сортировка, обработка, упаковка, паллетирование. Роботы Fanuc и ABB применяются в компаниях Nestlé, Unilever, Cadbury, Coca-Cola, Budweiser.

В России в пищевой промышленности роботы ABB используются на заводе Danone; на заводе Unilever в Туле установлены роботы ABB IRB 660, которые занимаются паллетированием готовой продукцией [8]. Роботы-паллетайзеры ABB IRB 460 используются на предприятиях «МолПродукт» (производство молочной продукции) и «Хладокомбинат Западный» [9,10]. На мясоперерабатывающем предприятии Группы «Черкизово» в Кашире установлено 14 роботов ABB (для укладки продукции - 4 робота IRB 360, для обслуживания систем клипсования - 9 роботов IRB 6650S, для паллетирования – робот IRB 6700) [11].

В металлургической промышленности и машиностроении мировые продажи ПР в 2017-2019 гг. составляли 44 тыс. ед. За период 2010-2019 гг. количество роботов в этой отрасли выросло в 1,7 раза (табл. 1). Обработка металлов является основной операцией для внедрения ПР [12]. Также роботы занимаются сваркой, плазменной, лазерной и гидроабразивной резкой, полировкой и шлифовкой, зачисткой и снятием заусенцев, гравировкой и маркировкой, загрузкой станков.

**Таблица 1. Индекс мировых продаж ПР по отраслям промышленности, 2010 г. = 100%,
рассчитано по данным [2, 13]**

Отрасль	2010	2015	2016	2017	2018	2019
Автомобильная	100	251,3	264,1	315,4	323,1	269,2
Электронная	100	251,1	352,8	471,4	405,7	340,0
Металлургическая	100	327,2	318,9	488,9	488,9	488,9
Химическая, производство резины и пластмассы	100	157,3	145,5	190,9	181,8	172,7
Пищевая	100	172,5	205,0	250,0	300,0	275,0

Роботы ABB

Можно выделить три поколения роботов компании ABB в зависимости от типа их контроллера (S4C, S4Cplus, IRC5).

Контроллер S4C стал более компактным по сравнению со своим предшественником - S4, он может управлять как одним роботом, так и сложной системой рабочих станций. Используется с роботами IRB 1400, IRB 2400, IRB 4400, IRB 6400, IRB 5400 и IRB 8400. Роботы с данным контроллером (1 поколение) выпускались в 1996-2000 гг. Диапазон грузоподъемности первого поколения составляет 120-200 кг, массы – от 2100 кг до 2500 кг, радиуса действия - от 2400 мм до 2900 мм.

Контроллер S4Cplus используется со всеми роботами ABB, имеет функцию контроля движения, потребляет меньше энергии, а среднее время наработки на отказ составляет до 50 тыс. часов. Выпуск роботов с контроллером S4Cplus (2 поколение) начат в 2000 г. Диапазон грузо-

подъемности составляет 125-225 кг, массы – от 1700 кг до 2300 кг, радиуса действия - от 2550 мм до 3200 мм.

Контроллер IRC5 оснащен технологией удаленного мониторинга и расширенной диагностикой; имеет возможность контролировать работу роботов в режиме реального времени, быстро исследовать и устранять сбои на протяжении всего времени работы. Вес контроллера составляет всего 150 кг (вес контроллера S4C 240 кг, а S4Cplus 250 кг). Может использоваться со всеми роботами ABB. Роботы с этим контроллером (3 поколение) выпускались с 2004 г. Диапазон грузоподъемности составляет 125-235 кг, массы – от 900 кг до 2200 кг, радиуса действия - от 2200 мм до 3200 мм.

Технико-экономические показатели роботов ABB большой грузоподъемности представлены в табл. 2.

Таблица 2. Технико-экономические показатели роботов ABB. Источник: [14]

Модели	Год выпуска	Цена, долл.	Грузоподъемность, кг	Радиус действия, мм	Масса, кг	Точность, мм	Контроллер
IRB 6400-120/2.8	1997	9752	120	2800	2100	0,1	S4C
IRB 6400-120/2.4	1997	9056	120	2400	2100	0,2	S4C
IRB 6400-120/2.4	1997	9752	120	2400	2100	0,2	S4C
IRB 6400-120/2.8	1998	9752	120	2800	2100	0,1	S4C
IRB 6400-200/2.4	1998	9752	200	2400	2000	0,15	S4C
IRB 6400S	1998	11841	120	2900	2500	0,15	S4C
IRB 6400-120/2.4	1998	9056	120	2400	2100	0,2	S4C
IRB 6400-150/2.4	1998	9056	150	2400	2100	0,15	S4C
IRB 640	1998	13933	160	2900	2400		S4C
IRB 6400R-150/2.5	1999	11841	150	2500	2300	0,1	S4C
IRB 6400R-150/2.8	1999	12540	150	2800	2300	0,15	S4C
IRB 6400R-150/2.8	1999	12540	150	2800	2300	0,15	S4C
IRB 6600 Foundry Prime	2000	17416	225	2550	1700	0,1	S4C+
IRB 6600-175/2.55	2000	17416	175	2550	2000	0,1	S4C+
IRB 6600-225/2.55	2000	17416	225	2550	2000	0,1	S4C+
IRB 6600-175/2.8	2000	18810	175	2800	2100	0,1	S4C+
IRB 6400R-150/2.5	2000	16720	150	2500	2300	0,1	S4C+
IRB 6400R-200/2.5	2000	18113	200	2500	2300	0,1	S4C+
IRB 6650-125/3.2	2000	18810	125	3200	1700	0,11	S4C+
IRB 6650S	2000	20201	200	3000	2150	0,11	S4C+
IRB 6400R-150/2.8	2000	16720	150	2800	2300	0,15	S4C+

IRB 6400R-200/2.8	2000	18113	200	2800	2300	0,15	S4C+
IRB 6600-175/2.55	2002	20072	175	2550	1700	0,1	S4C+
IRB 6600-175/2.8	2004	27165	175	2800	1700	0,1	IRC5
IRB 6600-175/2.55	2004	26469	175	2550	2000	0,1	IRC5
IRB 6600-225/2.55	2004	26469	225	2550	2000	0,1	IRC5
IRB 6640 Foundry Plus	2004	25761	185	2800	1405	0,07	IRC5
IRB 6650	2004	25761	125	3200	2175	0,11	IRC5
IRB 6620	2004	25761	150	2200	900	0,1	IRC5
IRB 6600-175/2.8	2005	19264	175	2800	1780	0,1	IRC5
IRB 6640	2007	29357	180	2550	1310	0,07	IRC5
IRB 6700	2013	27837	235	2650	1250	0,1	IRC5

Роботы Fanuc

Можно выделить четыре поколения роботов Fanuc, в соответствии с типом контроллера (RJ2 и RJ3, Rj3iB, R30iA, R30iB).

Контроллер RJ2 обеспечивает оптимальный уровень производительности при любом уровне системных требований. Роботы с контроллерами RJ2 и RJ3 (1 поколение) выпускались в 1995-2004 гг. Диапазон грузоподъемности первого поколения составляет 3-250 кг, массы – от 39 кг до 2000 кг, радиуса действия – от 856 мм до 3140 мм.

Контроллер Rj3iB – усовершенствованная версия контроллера RJ3. RJ3iB имеет улучшенные характеристики движения и приложений по сравнению с контроллером RJ3. Может управлять не только несколькими роботами, но и одновременно управлять 16 осями. Роботы с этим контроллером (2 поколение) выпускались в 2005-2008 гг. Диапазон грузоподъемности второго поколения составляет от 2 до 200 кг, массы – от 29 кг до 2000 кг, радиуса действия – от 700 мм до 3090 мм.

Контроллер R30iA имеет встроенную систему 2D-зрения, которую легко модернизировать до системы 3D-зрения; работает на операционной системе Fanuc, которая характеризуется быстрым временем запуска, а также повышен-

ной безопасностью. Контроллер может управлять 40 осями. Роботы с данным типом контроллера (3 поколение) выпускались в 2008-2013 гг. Диапазон грузоподъемности третьего поколения составляет 0,5-600 кг, массы – от 14 кг до 2800 кг, радиуса действия – от 280 мм до 3100 мм.

R30iB – высокопроизводительный контроллер с меньшим энергопотреблением. Контроллер имеет аппаратное обеспечение и использует новейшие достижения в области сетевых коммуникаций, интегрированные iRVision, и имеет функции управления движением; на 68% сокращена необходимая для контроллера площадь. Контроллер R30iB обеспечивает более плавное движение, которое может сократить время цикла до 15%; он может одновременно управлять 72 осями. Роботы с данным типом контроллера (4 поколение) выпускались в 2013-2017 гг. Диапазон грузоподъемности четвертого поколения составляет 2-400 кг, массы – от 20 кг до 3150 кг, радиуса действия – от 550 мм до 3507 мм.

Технико-экономические показатели роботов Fanuc большой грузоподъемности представлены в табл. 3.

Таблица 3. Технико-экономические показатели роботов Fanuc. Источник: [15]

Модели	Год выпуска	Цена, долл.	Грузоподъемность, кг	Радиус действия, мм	Масса, кг	Точность, мм	Контроллер
S-420FD	1994	...	120	2852	1500	0,5	RJ2
S-420S	1994	...	120	2488	...	0,5	RJ2
S-420iF	1998	12400	120	2400	2000	0,4	RJ3
S-420iW	1999	8000	150	2450	1600	0,4	RJ3
S-900H	1999	10000	200	2488	1920	0,5	RJ3
M-410i HW	2002	13000	250	3140	1570	0,5	RJ3

S-430iW	2003	15000	165	2650	1300	0,3	RJ3
S-430iF	2003	19000	130	2643	1300	0,5	RJ3
S-900iB/200	2004	19000	200	2488	1970	0,5	RJ3
R-2000iA/200F	2005	14396	200	2483	2000	0,3	RJ3iB
S-430iR	2005	13950	165	2643	1600	0,3	RJ3iB
S-430iL	2005	14000	125	3002	1300	0,3	RJ3iB
R-2000iA/165	2005	20388	165	2650	1210	0,2	RJ3iB
R-2000iA/165F	2007	29400	165	2650	1210	0,2	RJ3iB
R-2000iA/165R	2005	11455	165	3095	2000	0,3	Rj3iB
R-2000iB/200T	2006	22000	200	2207	1080	0,3	Rj3iB
R-2000iA 125L	2006	14825	125	3001	1210	0,2	RJ3iB
R-2000iA/200EW	2006	23500	200	2650	1510	0,3	RJ3iB
M-900iA/350	2009	9282	350	2650	1720	0,3	R30iA
R-2000iB/100H	2008	13500	100	2660	1150	0,2	R30iA
R-2000iB/165F	2009	19500	165	2660	1170	0,2	R30iA
R-2000iB/125L	2009	11500	125	3010	1190	0,2	R30iA
R-2000iB/210F	2010	14500	210	2660	1240	0,3	R30iA
R-1000iA/100F	2010	37015	100	2230	665	0,2	R30iA
M-900iA/260L	2012	50298	260	3100	1800	0,3	R30iA
R-2000iA/210F	2011	39500	210	2650	1270	0,3	R30iA
R-2000iB/200R	2011	33000	200	3090	1540	0,3	R30iA
M-900iA/600	2012	28500	600	2832	2800	0,4	R30iA
M-900iA/350	2012	20500	350	2650	1720	0,3	R30iA
R-2000iB/100P	2015	30000	100	3500	1560	0,3	R30iB
R-2000iC/165F	2015	34423	165	2655	1090	0,2	R30iB
M-900iA/200P	2014	25708	200	3507	2670	0,3	R30iB
R-2000iB/210WE	2015	34292	210	2660	1280	0,3	R30iB
M-900iB/400L	2015	42831	400	3704	3150	0,5	R30iB
R-2000iC/125L	2016	37000	125	3100	1115	0,2	R30iB
R-2000iC/210F	2016	35308	210	2655	1090	0,2	R30iB
R-2000iC/270F	2016	34832	270	2655	1320	0,3	R30iB
R-2000iC/210L	2016	55055	210	3100	1350	0,2	R30iB
M-900iB/360	2016	42574	360	2655	1540	0,3	R30iB
R-2000iB/220U	2017	45000	220	2470	1150	0,3	R30iB
M-900iB/280L	2017	42831	280	3103	1350	0,3	R30iB

Взаимозависимость основных удельных технико-экономических показателей

Подход, примененный в данной статье, основан на методологии, предложенной в [16] и реализованный в работах [17, 18, 19]. Для роботов ABB и Fanuc большой грузоподъемности были построены модели взаимозависимости удельных технико-экономических показателей (цена единицы грузоподъемности, радиуса действия, массы и точности позиционирования). В моделях использовались 32 робота ABB и 41 робот Fanuc. Цена роботов ABB находится в диапазоне 9-29 тыс. долл., роботов Fanuc – 8-55 тыс. долл.

Были построены модели вида:

$$y/x_i = a \cdot x_i + b, \quad (1)$$

где y – цена робота (долл.), x_i – технический показатель робота (x_1 – грузоподъемность, x_2 – масса, x_3 – радиус действия).

Цена единицы грузоподъемности первого поколения роботов ABB меняется от 98,7 долл./кг до 60,4 долл./кг; второго поколения – от 150,5 долл./кг до 77,4 долл./кг; третьего поколения – от 206,1 долл./кг до 110,1 долл./кг.

Цена единицы грузоподъемности первого поколения роботов Fanuc меняется от 146,2

долл./кг до 50 долл./кг; второго поколения – от 178,2 долл./кг до 69,4 долл./кг; третьего поколения – от 370,2 долл./кг до 26,5 долл./кг; четвертого поколения – от 300 долл./кг до 107,1 долл./кг.

Цена единицы массы первого поколения изменяется от 4,3 долл./кг до 5,8 долл./кг; второго поколения от 11,7 долл./кг до 7,2 долл./кг; третьего поколения от 10,8 долл./кг до 28,5 долл./кг.

Цена единицы массы для роботов ABB первого поколения увеличивается с ростом массы, а для второго и третьего – снижается (табл. 4).

Цена единицы массы роботов первого поколения Fanuc снижалась от 14,6 долл./кг до 5 долл./кг; второго поколения – от 76,3 долл./кг до 5,7 долл./кг; третьего поколения – от 55,7 долл./кг до 5,4 долл./кг; четвертого поколения – от 40,8 долл./кг до 9,6 долл./кг.

Цена единицы радиуса действия первого поколения роботов ABB росла с 3,8 долл./мм до

4,8 долл./мм, второго поколения снижалась с 7,2 долл./мм до 5,9 долл./мм, третьего поколения – с 11,7 долл./мм до 8,1 долл./мм.

Цена единицы радиуса действия первого поколения роботов Fanuc снижалась с 7,6 долл./мм до 4,1 долл./мм, второго – с 10 долл./мм до 3,7 долл./мм, третьего – с 16,6 долл./мм до 3,8 долл./мм, четвертого – с 18,2 долл./мм до 11,6 долл./мм.

Оценки параметров модели зависимости удельной цены от технического показателя представлены в табл. 4.

Результаты моделирования показывают, что для роботов Fanuc всех поколений происходит снижение удельной цены с ростом технического показателя. Для компании ABB первого поколения получен рост удельной цены от массы и радиуса действия, для остальных поколений роботов этой компании – снижение удельной цены с ростом технического показателя.

Таблица 4. Оценка параметров модели (1) для поколений роботов ABB и Fanuc большой грузоподъемности

Технический показатель	Параметр модели	ABB			Fanuc			
		1 поколение	2 поколение	3 поколение	1 поколение	2 поколение	3 поколение	4 поколение
Грузоподъемность (x_1)	a	-0,31	-0,60	-0,75	-0,49	-0,22	-0,36	-0,63
	b	121,95	211,18	283,53	168,65	146,03	221,03	331,17
	R ²	0,38	0,86	0,68	0,4	0,037	0,3	0,66
Масса (x_2)	a	0,002	-0,006	-0,013	-0,008	-0,035	-0,013	-0,012
	b	0,42	20,20	38,77	21,83	66,88	38,23	46,06
	R ²	0,39	0,86	0,89	0,45	0,78	0,23	0,68
Радиус действия (x_3)	a	0,0005	-0,0016	-0,0045	-0,0008	-0,0064	-0,0019	-0,005
	b	2,81	10,95	21,75	7,43	24,12	14,35	28,06
	R ²	0,056	0,440	0,601	0,016	0,474	0,009	0,417

Заключение

Все больше компаний автоматизируют свои заводы. Если раньше наибольшим спросом промышленные роботы пользовались в автомобильной и электронной промышленности, то в настоящее время они находят применение в медицине, пищевой, аэрокосмической и других отраслях. В данной работе проведено исследование зависимости удельной цены промышленных роботов большой грузоподъемности компаний ABB и Fanuc от технических показателей.

Анализ показал, что при росте грузоподъемности происходит рост цены роботов компаний

ABB и Fanuc в целом и по поколениям. При росте грузоподъемности происходит рост массы роботов Fanuc, а также рост радиуса действия при увеличении массы роботов обеих компаний.

С течением времени происходит снижение удельной цены (цена робота, отнесенная к техническому показателю) с ростом технических показателей. Эти тенденции изменения технико-экономических показателей являются общими для роботов компаний ABB и Fanuc большой грузоподъемности для рассматриваемого периода выпуска роботов (1994–2017 гг.).

Литература

1. Варшавский А.Е., Дубинина В.В. Основные тенденции изменения технико-экономических показателей промышленных роботов // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2018. – Т. 14, № 10. <https://doi.org/10.24891/ni.14.10.1916>.
2. IFR. World Robotics 2020. URL: https://ifr.org/downloads/press2018/Presentation_WR_2020.pdf (дата обращения 01.06.2021).
- 3 Варшавский А.Е., Дубинина В.В. Мировые тенденции и направления развития промышленных роботов // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2020. Т. 11. № 3. С. 294–319. <https://doi.org/10.18184/2079-4665.2020.11.3.294-319>.
4. Svetsaren. КОРПОРАТИВНЫЙ ЖУРНАЛ ЭСАБ ПО СВАРКЕ И РЕЗКЕ, ТОМ 64 (№1, 2009 г.). URL: https://www.esab.ru/ru/ru/news/svetsaren/upload/svetsaren_ru_64_2009.pdf (дата обращения 30.05.2021).
- 5 ГАЗ. Роботизация производственных площадок. URL: <https://gazgroup.ru/technology/robots/> (дата обращения 25.03.2021).
6. Владимирский И. На калужском заводе PCMA Rus (Peugeot Citroen Mitsubishi Automotive) запустили производство полного цикла. URL: <https://autoreview.ru/articles/svoimi-glazami/tochka-peresecheniya> (дата обращения 29.03.2021).
7. StarLine в 10 раз поднял производительность участка пайки дисплеев за счет внедрения роботов. URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Проект:StarLine_\(НПО_СтарЛайн\)_\(ABB_IRB_Промышленные_роботы\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Проект:StarLine_(НПО_СтарЛайн)_(ABB_IRB_Промышленные_роботы)) (дата обращения 22.04.2021).
8. Систему сборки готовой продукции на паллеты внедрили в Туле. URL: <http://robotrends.ru/pub/2022/sistemu-sborki-gotovoy-produkcii-na-pallety-vnedrili-v-tule> (дата обращения 05.04.2021).
9. 2020: Установка на производственные линии роботов-паллетизаторов. URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Проект:МолПродукт_\(ABB_IRB_Промышленные_роботы\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Проект:МолПродукт_(ABB_IRB_Промышленные_роботы)) (дата обращения 22.04.2021).
10. 2020: Роботизация процесса паллетирования. URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Проект:Хладокомбинат_Западный_\(ABB_IRB_Промышленные_роботы\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Проект:Хладокомбинат_Западный_(ABB_IRB_Промышленные_роботы)) (дата обращения 22.04.2021).
11. Промышленные роботы ABB модернизируют мясокомбинат "Черкизово" в Кашире. URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Проект:Черкизово_ГК_\(ABB_IRB_Робот_для_сборки_деталей\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Проект:Черкизово_ГК_(ABB_IRB_Робот_для_сборки_деталей)) (дата обращения 22.04.2021).
12. Robomatic. Металлообработка. URL: <http://robomatic.ru/robots/metallrobrabotka> (дата обращения 25.04.2021).
13. AlphaCentric Global Innovations Fund. Putting robots to work. URL: <http://alphacentricfunds.com/wp-content/uploads/2018/09/Global-Innovations-Fund-Newsletter.pdf> (дата обращения 01.06.2021).
14. ABB. URL: <https://new.abb.com/ru/produkty-i-servisy> (дата обращения: 15.03.2021).
15. Fanuc. URL: <https://www.fanuc.eu/ru/ru/роботы> (дата обращения: 15.03.2021).
16. Варшавский А.Е. Научно-технический прогресс в моделях экономического развития. - М.: Финансы и статистика, 1984.
17. Дубинина М.Г. Анализ показателей развития роботов для дуговой сварки (по поколениям) // Анализ и моделирование экономических и социальных процессов / Математика. Компьютер. Образование: Сб. научн. трудов (выпуск 25). № 2. — М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2018. С. 88–96.
18. Комкина Т.А., Никонова М.А., Дубинина М.Г. Техничко-экономический анализ отдельных видов сервисных роботов // Экономический анализ: теория и практика. – 2020. – Т. 19, № 10. – С. 1965 – 1986. DOI: <https://doi.org/10.24891/ea.19.10.1965>.
19. Дубинина М.Г., Макарова Ю.А. Анализ технико-экономических показателей беспилотных транспортных средств // Концепции. №1 (37). 2018. С. 28-44.