



АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР МИРОВОГО РЫНКА РОБОТОТЕХНИКИ



ЛАБОРАТОРИЯ РОБОТОТЕХНИКИ СБЕРБАНКА / АПРЕЛЬ 2018

«ЧЕМ МЕНЬШЕ РОБОТОВ МЫ ЛЮБИМ, ТЕМ БОЛЬШЕ ПОЛЬЗЫ НАМ ОТ НИХ»

Кто-то из сообщества робототехников

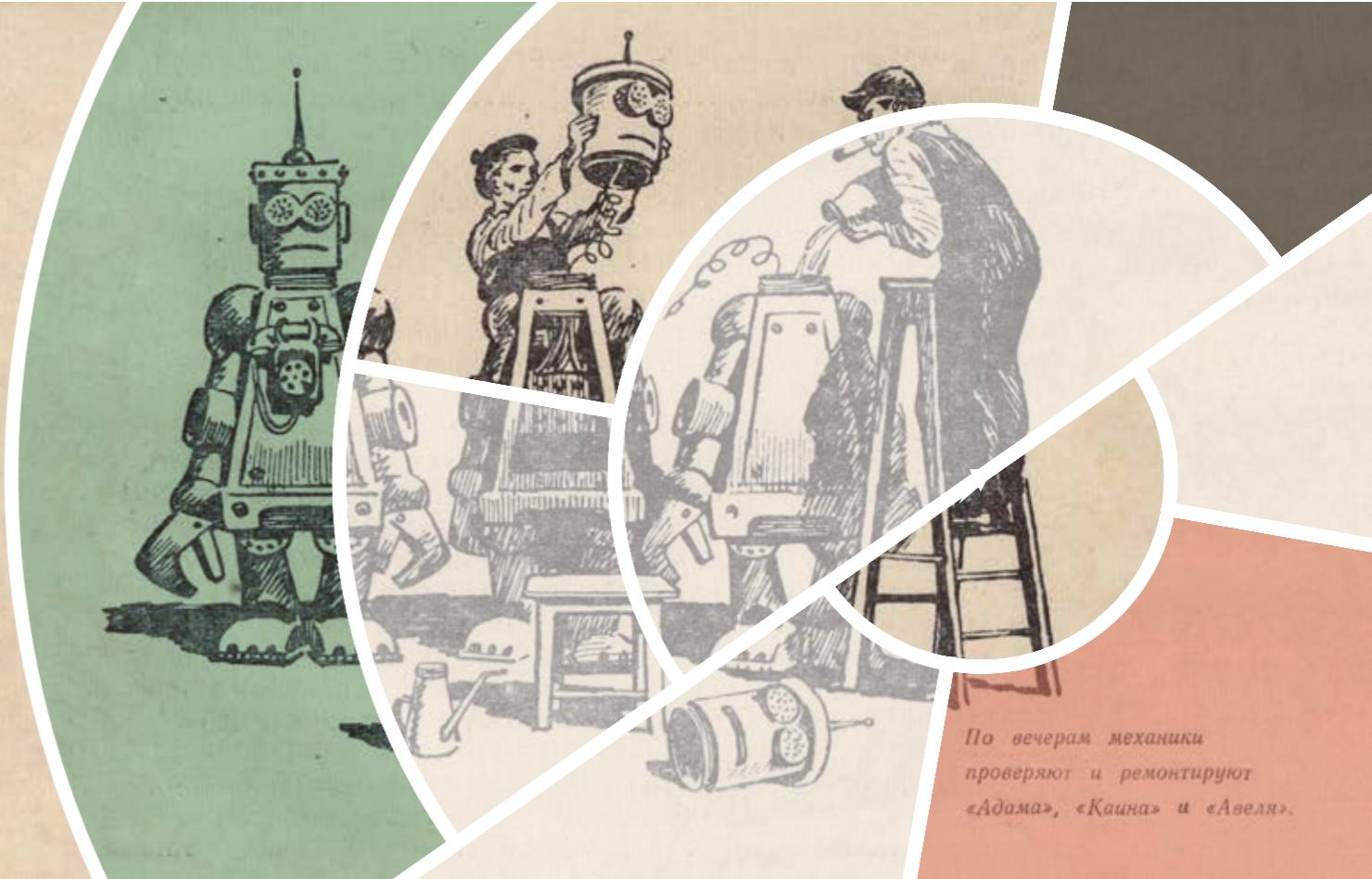


Иллюстрация из книги Н. Кобринского и В. Пекелиса «Быстрее мысли» (М., 1959)

По вечерам механики
проверяют и ремонтируют
«Адама», «Кайна» и «Авеля».

**Ирина Дежина**

Доктор экономических наук, руководитель
группы по научной и промышленной политике
Сколковский институт науки и технологий

«В Обзоре четко изложены основные параметры рынка промышленной и сервисной робототехники в мире и в России, он прекрасно структурирован, читается легко и с интересом.

Такой обзор представляет своего рода полезный *handbook* для всех, кто хочет узнать об отрасли робототехники, причем получить не односторонне-технический, а хорошо структурированный, комплексный взгляд. При этом обзор представляет не только авторскую точку зрения на перспективы развития стратегического направления, но и подталкивает к дальнейшим размышлениям обо всех аспектах роботизации».

**Евгений Ковнир**

Генеральный директор
АНО «Цифровая экономика»

«Робототехника способна в ближайшие годы дополнить привычный мир человека новыми сервисами и устройствами, основанных на новой сенсорике, мехатронике, элементах искусственного интеллекта.

Обзор является важным этапом на пути к созданию дорожной карты развития робототехники в нашей стране. В обзоре наряду с тем, что приведен анализ точек роста глобального рынка, также сформулированы гипотезы об открывающихся для отечественных компаний возможностях».

**Николай Суэтин**

Вице-президент Фонда «Сколково»
по науке и образованию,
доктор физико-математических наук

«Сервисная и ассистивная робототехника не столь «на слуху», как беспилотники или другие «модные» темы, однако их роль для повседневной жизни и рыночный потенциал трудно переоценить.

Обзор не только дает общее представление об этих сегментах роботики, но и описывает наиболее успешные компании и достигнутый ими технологический уровень».

**Александр Тормасов**

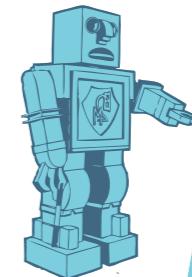
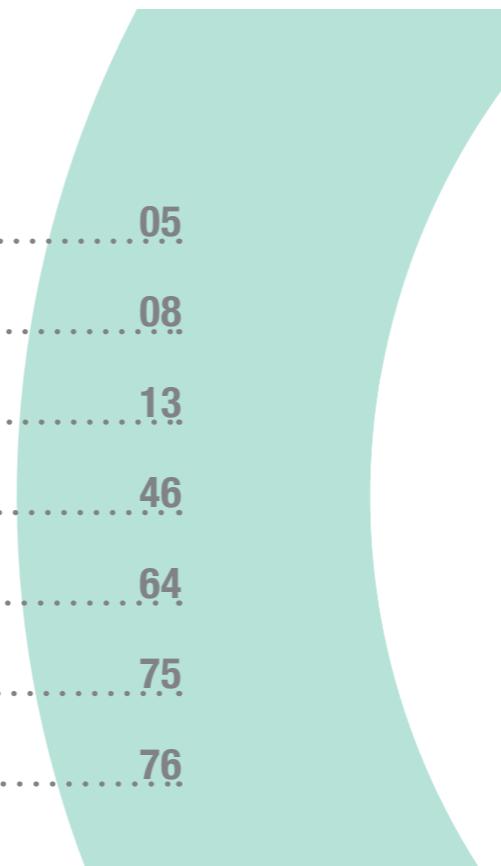
Доктор физико-математических наук,
Ректор, Университет Иннополис

«Последние пару лет мы часто слышали словосочетания «цифровая экономика», «индустрия 4.0» и другие. Это означает, что проекты вчерашнего переднего края науки сегодня растворяются в привычных бизнес-процессах. Это естественно, так происходит развитие: всё что может быть упрощено, будет упрощено. И в этом контексте ИТ-технологии и робототехника играют определяющую роль, как драйверы роста ведущих экономик.

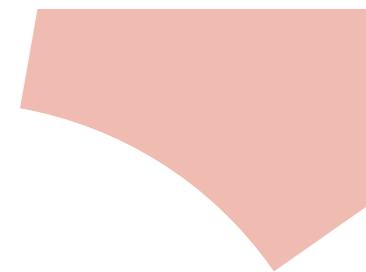
Исследование Лаборатории робототехники Сбербанка наглядно иллюстрирует зависимость экономических показателей и уровня благосостояния граждан от степени проникновения информационных технологий в жизнь людей».

СОДЕРЖАНИЕ

01 РЕЗЮМЕ	05
02 ОПРЕДЕЛЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ	08
03 МИРОВОЙ РЫНОК РОБОТОТЕХНИКИ	13
04 КОМПАНИИ	46
05 РОБОТОТЕХНИКА В РОССИИ	64
06 ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ	75
07 СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	76



Первый советский
робот-андроид «B2M»,
в обзоре указывает
на ключевую информацию
<http://robotoved.ru/android-made-in-ussr/>



01

РЕЗЮМЕ



Дельта-робот, «БИТ-роботикс» (Россия), 2015 г. Фото: Фонд «Сколково»

ЧТО ТАКОЕ СОВРЕМЕННАЯ РОБОТОТЕХНИКА? КАКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ РОСТА У ЭТОГО РЫНКА? КАКИЕ РОБОТЫ НАМ НУЖНЫ В БУДУЩЕМ? ЧТО МЕШАЕТ РАЗВИТИЮ РОБОТОТЕХНИКИ В РОССИИ? В НАШЕМ ОТЧЕТЕ МЫ ПОСТАРАЛИСЬ ОТВЕТИТЬ НА ЭТИ И ДРУГИЕ ВОПРОСЫ.

Конвергенция и комбинация различных дисциплин, научных областей и технологий приводят к конвергенции определений и размыванию границ применения устоявшихся терминов. Формальное определение робототехники, основанное на индустриальных стандартах, можно найти на странице 9 нашего отчета. Однако постоянное «перекрестное опыление» различных трендов и видов роботов вынуждает нас избегать догматизма.

Мы предлагаем функциональное определение робототехники, поскольку считаем, что современная робототехника (роботика, robotics) представляет собой скорее целое семейство исследовательских направлений, технологий, продуктов и изделий.

Это семейство объединено тремя свойствами, которые выполняются одновременно:

01. устройство способно чувствовать (**SENSE**) окружающий мир или его элементы (используя сенсоры);

02. устройство способно понимать (**THINK**), обрабатывать получаемую информацию о внешнем мире, создавая и адаптируя модель окружающего мира и своего поведения;
03. устройство способно действовать (**ACT**), изменяя окружающий мир в соответствии с моделью своего поведения.

Это определение полностью коррелирует с тем, как мы сами определяем область исследований нашей Лаборатории: создание интерфейсов между виртуальным и физическим миром (*Virtual-to-Physical/V2P* или, как еще пишут в современной литературе *Online-to-Offline/O2O*), которые многократно усиливают новые возможности, создаваемые развитием искусственного интеллекта.

Считается устоявшимся **разделение** всей робототехники на **промышленную** (роботы-манипуляторы) и **сервисную** (персональные — например, роботы-пылесосы; профессиональные — дроны) отрасли согласно прикладному **назначению**.



Обе отрасли переживают рост, однако причины этого глубоко различны. Промышленная робототехника растет (в среднем на 15% в год) за счет стремительной роботизации китайской экономики и, в то время как рост сервисной робототехники имеет более глубокие причины: большая часть мировой экономики является сервисной экономикой. Именно поэтому сервисная робототехника показывает более значительный рост уже сейчас (на уровне 25% в год) при относительно меньших в абсолютном значении цифрах по сравнению с промышленной.

Ситуация с робототехникой в России является полным отражением описанного выше тренда. Несмотря на то что Россия на предпоследнем месте в мире по плотности роботизации в промышленности, наша страна имеет хороший потенциал в области сервисной робототехники — соотношение промышленных и сервисных робототехников в нашей стране — 1 к 10. Некоторые наши компании (например, «ЭкзоАтлет» и «КиберТех Лабс») уже вышли на мировой рынок и успешно конкурируют с зарубежными производителями роботов.

Если нас спросить, какими роботами надо заниматься сейчас, чтобы проект стал успешным через 3–5 лет, то нашим ответом будет:

- беспилотный пассажирский транспорт;
- роботы для коммерческих пространств;
- роботы-собеседники (помощники);
- логистические роботы и беспилотный грузовой транспорт;
- коллaborативные роботы;
- промышленные экзоскелеты;
- роботы для сельского хозяйства.



Одним из главных препятствий для развития коммерческой робототехники является несовершенство законодательной базы современных государств. Пока не существует единой модели преодоления этого барьера. Однако, это препятствие содержит в себе и некоторые возможности: по нашему мнению, самые успешные стартапы в области робототехники будут работать именно в «серых зонах», где законодательство не до конца определяет все взаимоотношения участников рынка.

08

02

ОПРЕДЕЛЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РОБОТА

КЛАССИФИКАЦИЯ РОБОТОВ

09

11



Социальный робот «Гагарин», Университет Иннополис, 2017 г. Фото: rusisworld.com



ОПРЕДЕЛЕНИЕ РОБОТА

Международный стандарт ISO^{*} 8373:2012^[1] определяет робота как приводной механизм, программируемый по двум и более осям, имеющий некоторую степень автономности, движущийся внутри своей рабочей среды и выполняющий предназначенные ему задачи.

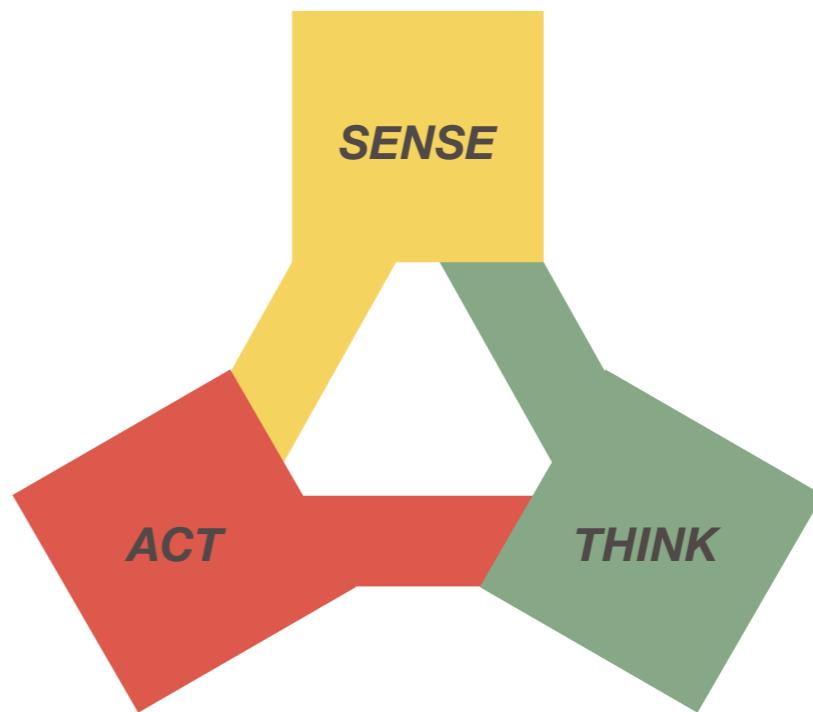
На наш взгляд, более полезным для понимания того, что есть робот, может быть функциональное определение (определение STA, рисунок 1): роботом можно назвать любое устройство (механизм), выполняющее предназначенные ему действия, которое одновременно отвечает трем условиям.

01. SENSE: воспринимать окружающий мир с помощью сенсоров. Такими сенсорами могут быть микрофоны, камеры (всех областей электромагнитного спектра), различные электро механические сенсоры и прочее.

02. THINK: понимать окружающий физический мир и строить модели поведения, для того чтобы выполнять предназначенные ему действия.

03. ACT: воздействовать на физический мир, тем или иным способом.

РИСУНОК 1.
ОПРЕДЕЛЕНИЕ STA



ЕСЛИ ОДНО ИЗ ВЫШЕНАЗВАННЫХ УСЛОВИЙ НЕ ВЫПОЛНЯЕТСЯ, ТО УСТРОЙСТВО НЕ ЯВЛЯЕТСЯ РОБОТОМ.

10

К примеру, автономное транспортное средство можно отнести к робототехнике. Робот-автомобиль обладает сенсорами (**SENSE**), строит модели, понимает окружающий мир и принимает решения (**THINK**) и совершает необходимые действия, чтобы двигаться, выполняя свою задачу (**ACT**) (перевезти пассажиров или груз).

Такой робот работает в невероятно сложной, недетерминированной среде, в которой постоянно возникает громадное количество непредвиденных ситуаций. Робот-манипулятор на фабрике имеет простейший сенсор (**SENSE**) (одномерный лазерный дальномер), который контролирует выполнение модели операции (**THINK**) и производит необходимое дей-

ствие (**ACT**), например сварку. Эти роботы-автоматы работают в строго детерминированной среде, в которой построенная модель не меняется долгое время.

С другой стороны, устройство, которое может воспринимать окружающий мир (**SENSE**) и действовать (**ACT**), но при этом не имеет никакой модели окружающего мира, можно отнести к автоматизации. Широко распространенный пример такого устройства — кофейный автомат.

Исходя из данного определения, правильнее всего называть современную, передовую робототехнику интеллектуальной.

КЛАССИФИКАЦИЯ РОБОТОВ

Существует также принятое деление робототехники на типы в зависимости от общей прикладной области. Для этого используется классификация, предложенная в упомянутом выше стандарте ISO 8373:2012^[2]:

01. промышленная робототехника;
02. сервисная робототехника.

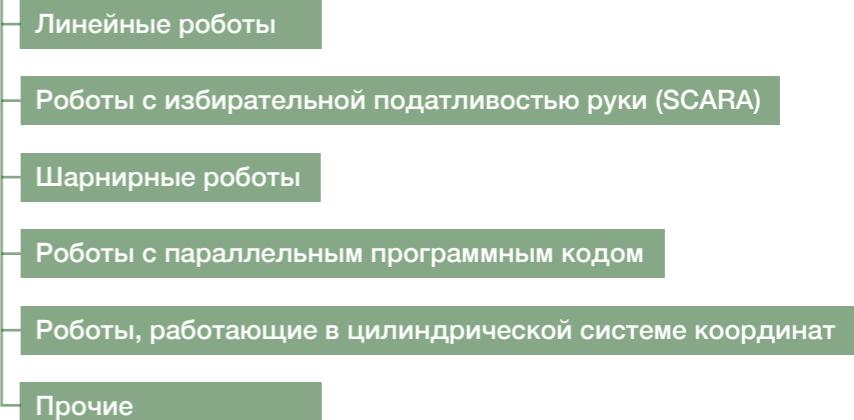
Промышленный робот — это автоматически управляемый, перепрограммируемый, многоцелевой манипулятор, программируемый по трем и более осям. Он может быть либо зафиксирован в заданном месте, либо может иметь возможность передвижения для выполнения промышленных задач по автоматизации.

Если немного упростить терминологию, то промышленная робототехника — это все, что находится в производственном цеху; главным образом это различные манипуляторы. На сегодняшний день это самый распространенный вид роботов — всего в мире установлено почти два миллиона промышленных роботов.



РИСУНОК 2. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ РОБОТОТЕХНИКИ

ПРОМЫШЛЕННАЯ РОБОТОТЕХНИКА





Сервисный робот — это робот, выполняющий полезную работу для людей и оборудования, исключая промышленные задачи по автоматизации.

Аналогично, немного упрощая ситуацию, мы можем сказать, что сервисная робототехника — это все, что находится за пределами производственного цеха.

Классификация сервисных роботов основана на данном в стандарте определении, но существенно доработана^[2] Международной федерацией робототехники (*International Federation of Robotics — IFR*), консалтинговым агентством, которое является крупнейшим и наиболее авторитетным источником информации об отрасли.

В соответствии с этой классификацией сервисная робототехника делится на два типа:

- 01. для персонального использования.** Это те роботы, которых мы приобретаем для использования в нашей повседневной жизни;
- 02. для профессионального использования.** Это роботы, которые приобретаются для того, чтобы использовать их с целью извлечения выгоды при оказании различных услуг.

СЕРВИСНАЯ РОБОТОТЕХНИКА

ПЕРСОНАЛЬНАЯ (ДОМАШНЯЯ) РОБОТОТЕХНИКА

Роботы для домашних задач

Развлекательные роботы

Ассистивные роботы (для пожилых)

Другие (личные/домашние) роботы

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ РОБОТЫ

Полевая робототехника

Профессиональная уборка

Мониторинг и эксплуатация

Строительство и снос

Логистические системы

Медицинская робототехника

Спасение и обеспечение безопасности

Военное применение

Подводные системы (общего/гражданского назначения)

Силовые экзоскелеты

Мобильные платформы (общего назначения)

Роботы для продвижения услуг (PR) и развлечения

Другие профессиональные роботы различного назначения

* Марсоход *Curiosity* является роботом, согласно IFR.

03

МИРОВОЙ РЫНОК РОБОТОТЕХНИКИ

- КЛЮЧЕВЫЕ ФАКТЫ 14
- ПРОМЫШЛЕННАЯ РОБОТОТЕХНИКА 15
- СЕРВИСНАЯ РОБОТОТЕХНИКА 28
- ОСНОВНЫЕ ТRENДЫ РОБОТОТЕХНИКИ 41



Персональный робот-ассистент Jibo. Фото: <http://techniblogic.com>

КЛЮЧЕВЫЕ ФАКТЫ

Темпы роста рынка **промышленной робототехники** опережают темпы роста мирового ВВП: между 2011 и 2016 годами среднегодовой рост продаж промышленных роботов составил 12%. В 2016 году было продано 294 тыс. промышленных роботов, а общий объем рынка достиг \$13,1 млрд (с учетом программного обеспечения и услуг интеграции рынок превышает \$40 млрд). Основным драйвером впечатляющего роста является внутренний спрос Китая на роботов и промышленную автоматизацию. Китайцы серьезно относятся к своей программе «*China Manufacturing 2025*»^[3], поэтому внутренний спрос Китая удовлетворяется во многом за счет внутреннего производства.

Рынок **сервисной робототехники** растет еще быстрее. В 2015 году было продано 48 тыс. **профессиональных сервисных роботов**, а в 2016 году это число увеличилось на 24%, до 59 тыс. Общий объем рынка профессиональных сервисных роботов достиг \$4,7 млрд.

Общее количество проданных **персональных сервисных роботов** в 2016 году увеличилось на 24%, достигнув примерно 6,7 млн единиц, а общий объем рынка увеличился до \$2,6 млрд. К примеру, в мире уже более 20 млн роботов-пылесосов, которые стремительно дешевеют в силу увеличения конкуренции*.

* Здесь и далее оценки опираются на данные International Federation of Robotics (IFR) World Robotics 2017^[4].



Логистический
робот для доставки
еды из ресторанов,
Marble.

Фото: <https://www.marble.io>

ПРОМЫШЛЕННАЯ РОБОТОТЕХНИКА

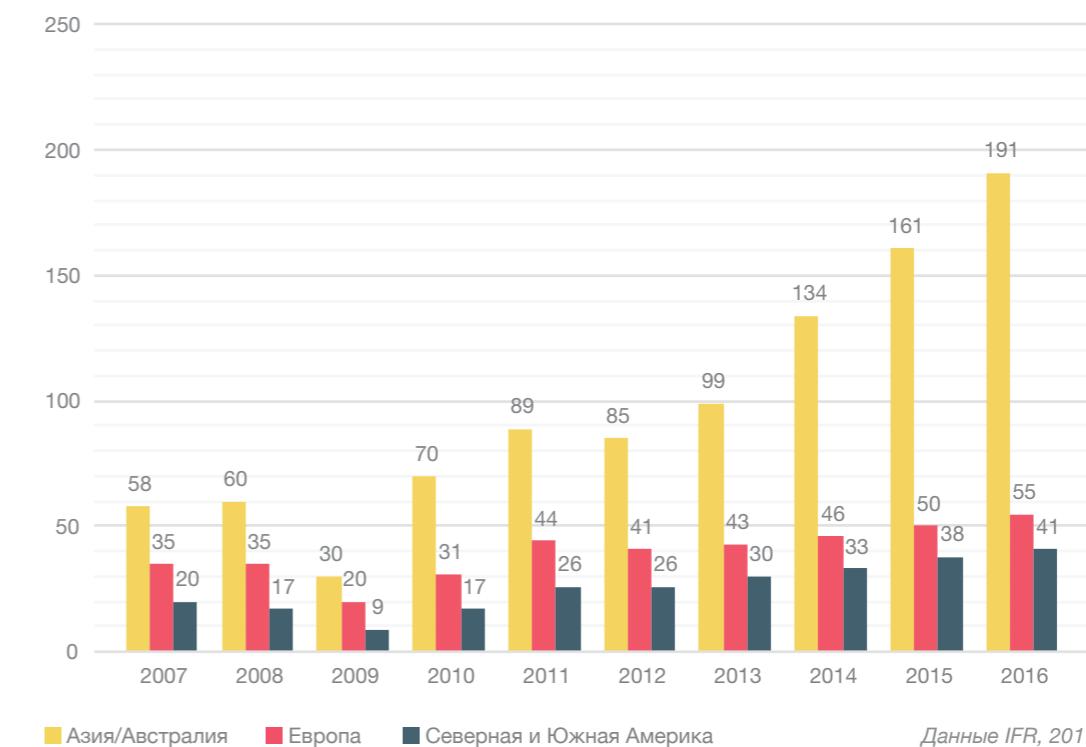
РОСТ РЫНКА

За то время, что вы читали этот отчет до данного места, в мире было установлено около пяти промышленных роботов. По данным IFR, в 2016 году продажи **промышленных роботов** выросли на 16% — до 294 312 единиц, достигнув нового максимума (так происходило четыре года подряд). В денежном исчислении это \$13,1 млрд, но в эту сумму не входит программное обеспечение, периферия и услуги интеграции. Вместе с ними рынок оценивается в \$40 млрд. Между 2011 и 2016 годами средние темпы годового роста продаж роботов составляли 12%.

Общий мировой парк эксплуатируемых промышленных роботов на конец 2016 года вырос до 1 828 тыс. единиц.

Средняя цена за единицу выросла с примерно \$44 тыс. в 2015 году до примерно \$46 тыс. в 2016 году, однако есть предпосылки к снижению стоимости. В период между 2011 и 2014 годами цена за единицу варьировалась от \$53 тыс. до \$46 тыс. Среднегодовая цена за единицу зависит от соотношения количества дорогостоящих и бюджетных роботов.

РИСУНОК 4. ПРИМЕРНЫЙ ОБЪЕМ ЕЖЕГОДНЫХ МИРОВЫХ ПОСТАВОК ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ ПО РЕГИОНАМ В 2016 ГОДУ, ТЫС. ЕДИНИЦ



ПРОГНОЗ НА 2018–2020 ГОДЫ



16

Согласно оценкам IFR, мировой эксплуатационный парк промышленных роботов вырастет примерно с 1 828 тыс. единиц в конце 2016 года до 3 053 тыс. единиц в конце 2020 года, что соответствует среднегодовым темпам роста в 14% в 2018–2020 годах.

РИСУНОК 5. ПРИМЕРНАЯ ЕЖЕГОДНАЯ РЫНОЧНАЯ СТОИМОСТЬ УСТАНОВЛЕННЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ, МЛРД

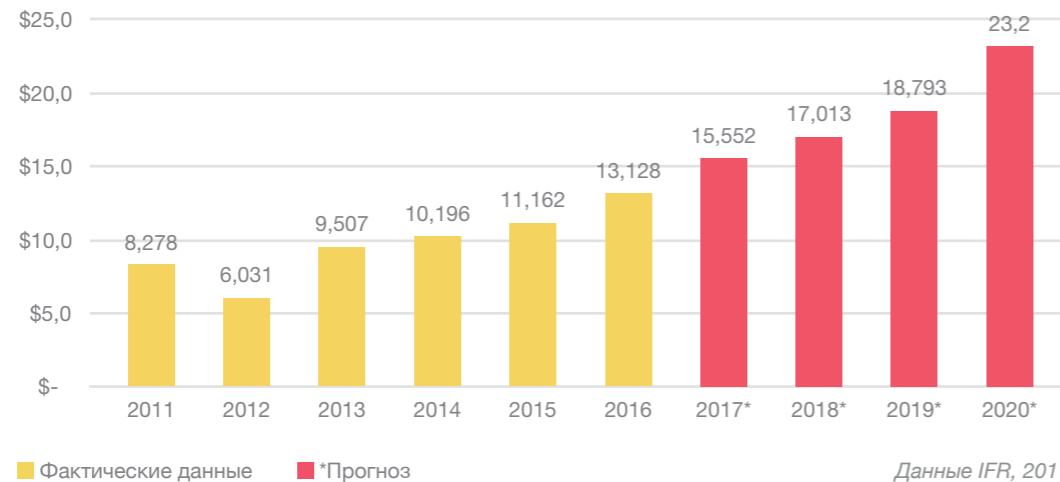
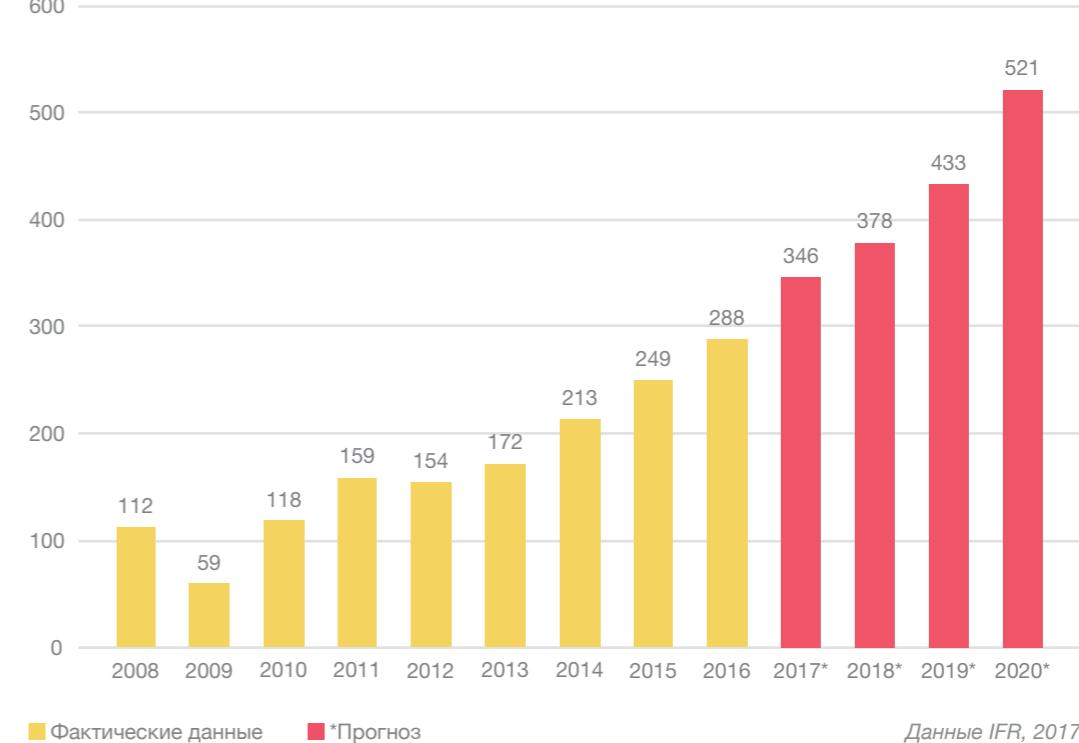


РИСУНОК 6. ПРИМЕРНЫЙ ОБЪЕМ ЕЖЕГОДНЫХ МИРОВЫХ ПОСТАВОК ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ, ТЫС. ЕДИНИЦ



РОСТ РЫНКА

17



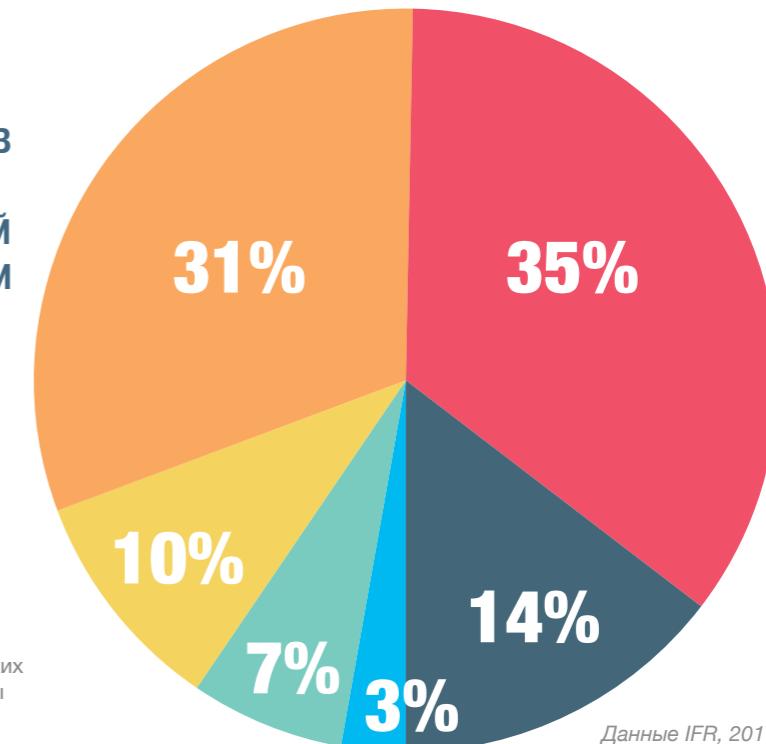
91% всех промышленных роботов в 2016 году был установлен в секторе обрабатывающей промышленности.

В обрабатывающей промышленности отрасли — лидеры по покупкам роботов не меняются уже более пяти лет: это автомобильная промышленность и электроника.

Среднегодовой темп роста продаж по всем отраслям обрабатывающей промышленности в 2011–2016 годах составил 13%; для автомобилестроения — 12%, а для электронной промышленности — 19%.

Из данного графика следует, что наименее охваченные роботизацией отрасли — это авиа- и судостроение. По мере совершенствования технологий применение роботов именно в этих отраслях может стать точками роста.

**РИСУНОК 7.
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ
ПОСТАВОК РОБОТОВ
ПО ОТРАСЛЯМ
ОБРАБАТЫВАЮЩЕЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ
В 2016 Г.**



ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЭКЗОСКЕЛЕТЫ

**ЭКЗОСКЕЛЕТ FORTIS КОМПАНИИ
LOCKHEED MARTIN ПРЕДНАЗНАЧЕН
ДЛЯ СНИЖЕНИЯ УТОМЛЕЙМОСТИ
РАБОЧЕГО-ОПЕРАТОРА ПРИ РАБОТЕ
С ТЯЖЕЛЫМ РУЧНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ.
РАЗРАБОТАН ПО ЗАКАЗУ ВМФ США.**

**В РОССИИ АНАЛОГИЧНЫЕ РАЗРАБОТКИ
ВЕДУТСЯ В СКОЛКОВО.**



Промышленный
экзоскелет *Fortis*,
Lockheed Martin

<http://fsd.servicemax.com/>

ГЕОГРАФИЯ РЫНКА

74% мировых продаж промышленных роботов приходится на пять стран: Китай (30%), Республику Корею (14%), Японию (13%), США (11%) и Германию (7%). В 2016 году в России было продано 358 промышленных роботов.

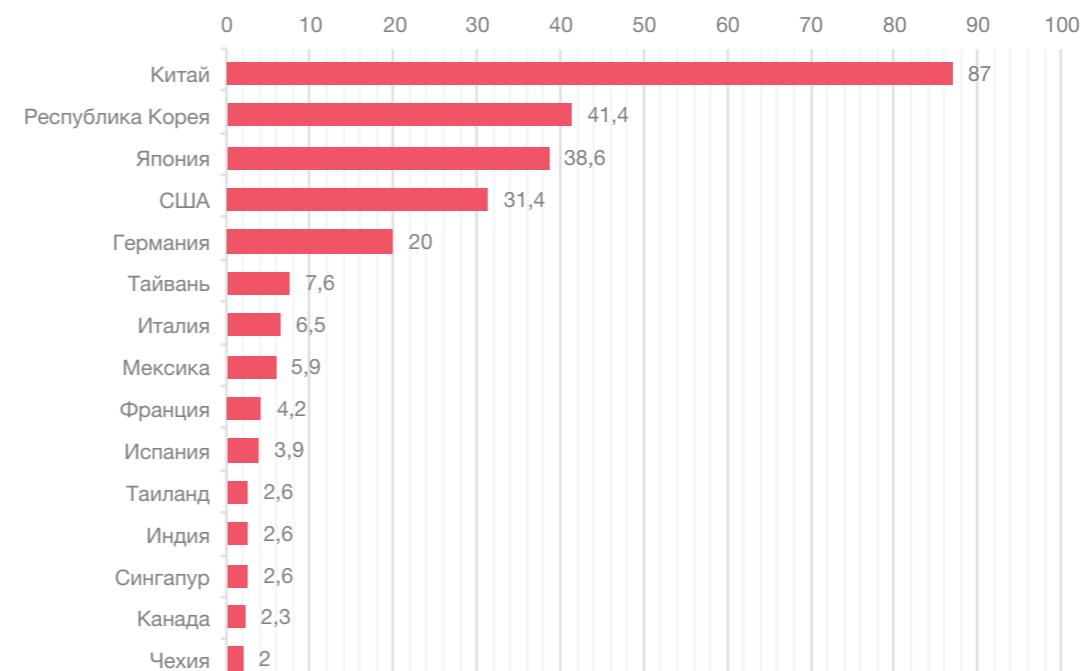
Главным драйвером роста промышленной робототехники в ближайшие несколько лет будет внутренний спрос Китая, в частности автомобилестроение и электроника. Этому будет способствовать план "China Manufacturing 2025"^[3] и разработанный в его рамках «План развития индустрии робототехники».



«Я бы не сказал, что это всё копии. В принципе, Китай хочет конкурировать повсюду. Они хотят стать крупным глобальным поставщиком роботов, и они активно это делают». Джейфф Бернштейн,

президент Ассоциации промышленной робототехники

РИСУНОК 8. ПРИМЕРНЫЙ ОБЪЕМ ЕЖЕГОДНЫХ МИРОВЫХ ПОСТАВОК ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ НА КРУПНЕЙШИЕ РЫНКИ В 2016 Г., ТЫС. ЕДИНИЦ



Данные IFR, 2017

НЕКОТОРЫЕ ТИПЫ ОПЕРАЦИЙ, ВЫПОЛНЯЕМЫХ РОБОТАМИ

Приведем несколько примеров операций, которые могут выполняться роботами:

- сварка и пайка (дуговая, точечная, лазерная, прочее);
- разлив, напыление, дозирование (окраска, эмалировка, прочее);
- обработка (резка, фрезерование, шлифовка, прочее);
- сборка и разборка (запрессовка, монтаж, прочее);
- перемещение и упаковка*.

Сборка электроники
(робот ABB YuMi)



Фото:
SeDavid dgwick,
Automotive News

Обработка металла
(робот KUKA KR)



Фото:
http://metallasercuttingmachine.com

Сварка кузова автомобиля
(робот ABB IRB)



Фото:
https://paul-tan.org



Фото:
https://responsesource.com

Упаковка пищевых продуктов
(робот ABB IRB)

РИСУНОК 9. НЕКОТОРЫЕ ТИПЫ ОПЕРАЦИЙ,
ВЫПОЛНЯЕМЫХ ПРОМЫШЛЕННЫМИ РОБОТАМИ

* Роботы такого типа используются в Сбербанке.



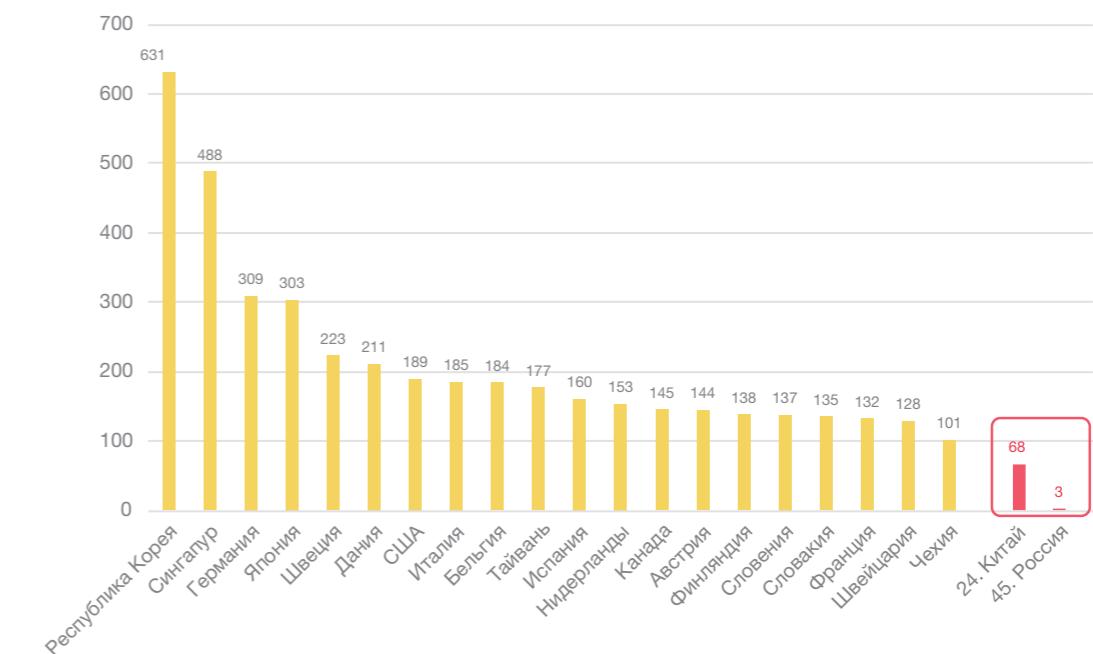
ПЛОТНОСТЬ РОБОТИЗАЦИИ

Для того чтобы сравнить распространенность промышленных роботов в разных странах, IFR использует показатель **плотности роботизации**. Плотность роботизации считается как количество промышленных роботов на 10 тыс. работников, занятых в промышленности.

Как мы говорили, рынок промышленной робототехники Китая растет как на дрожжах, однако, плотность роботизации все еще остается относительно невысокой по сравнению с лидерами — Южной Кореей и Японией. При условии сохранения высоких темпов производства собственных роботов (известный производитель роботов *Kuka* — сейчас немецко-китайская компания), Китай вырвется вперед в ближайшие годы.

Общее падение промышленного производства в России по сравнению с СССР привело к тому, что в России невысокая плотность роботизации.

РИСУНОК 10. ТОП-20 СТРАН ПО ПЛОТНОСТИ РОБОТИЗАЦИИ В 2016 Г. В СРАВНЕНИИ С КИТАЕМ И РОССИЕЙ



Данные IFR, 2017

ГЛАВНЫЕ ПРОИЗВОДИТЕЛИ

Из 13 самых заметных производителей промышленных роботов на международном рынке восемь — *FANUC*, *Yaskawa*, *Kawasaki*, *Nachi*, *Denso*, *Mitsubishi*, *Epson* и *Omron* — японские.

Остальные пять компаний — из Евросоюза: *ABB*, *Stäubli*, *Kuka*, *Comau*, *Universal Robots*.



Отметим, что в 2017 году китайский холдинг *Midea* купил 95%-ную долю в *Kuka* за \$5 млрд, поэтому компании можно смело назвать немецко-китайской. Несмотря на то что штаб-квартира осталась в Германии, основной рынок сбыта продукции этой компании — Китай.



КОМПАНИЯ	СТРАНА	КОЛИЧЕСТВО УСТАНОВЛЕННЫХ РОБОТОВ ЗА ВСЕ ВРЕМЯ, ЕДИНИЦЫ	ГОД ОСНОВАНИЯ
FANUC	Япония	400 000	1972
Yaskawa	Япония	360 000	1989
ABB	Швеция	300 000	1988
Kawasaki	Япония	110 000	1969
Nachi	Япония	100 000	1989
Denso	Япония	95 000	1967
Kuka	Германия/Китай	80 000	1996
Mitsubishi	Япония	70 000	1980
Epson	Япония	55 000	1984
Stäubli	Швейцария	45 000	1982
Comau	Италия	30 000	1973
Omron / Adept	Япония/США	25 000	1983
Universal Robots	Дания	20 000	2005

Данные *Robotics and Automation News*

Помимо 13 крупнейших производителей существует еще несколько десятков менее заметных. Интересно их распределение по регионам: это США, Европа и Юго-Восточная Азия^[5].

В России есть менее десяти компаний, которые заявляют о возможности собственного производства промышленных роботов. Однако их можно отнести скорее к амбициозным стартапам, чем к серьезным производителям.



Промышленный робот ARKODIM,
«АРКОДИМ-Про»

Фото: arkodimpro.ru

РИСУНОК 11. ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ



Данные THE ROBOT REPORT, 2017

КОЛЛАБОРАТИВНЫЕ РОБОТЫ



24

Коллаборативный робот, или кобот, — новое направление в развитии промышленной робототехники. Согласно ISO 15066:2016^[6], это робот, сконструированный для **непосредственного взаимодействия** с человеком в рамках определенного совместного рабочего пространства.

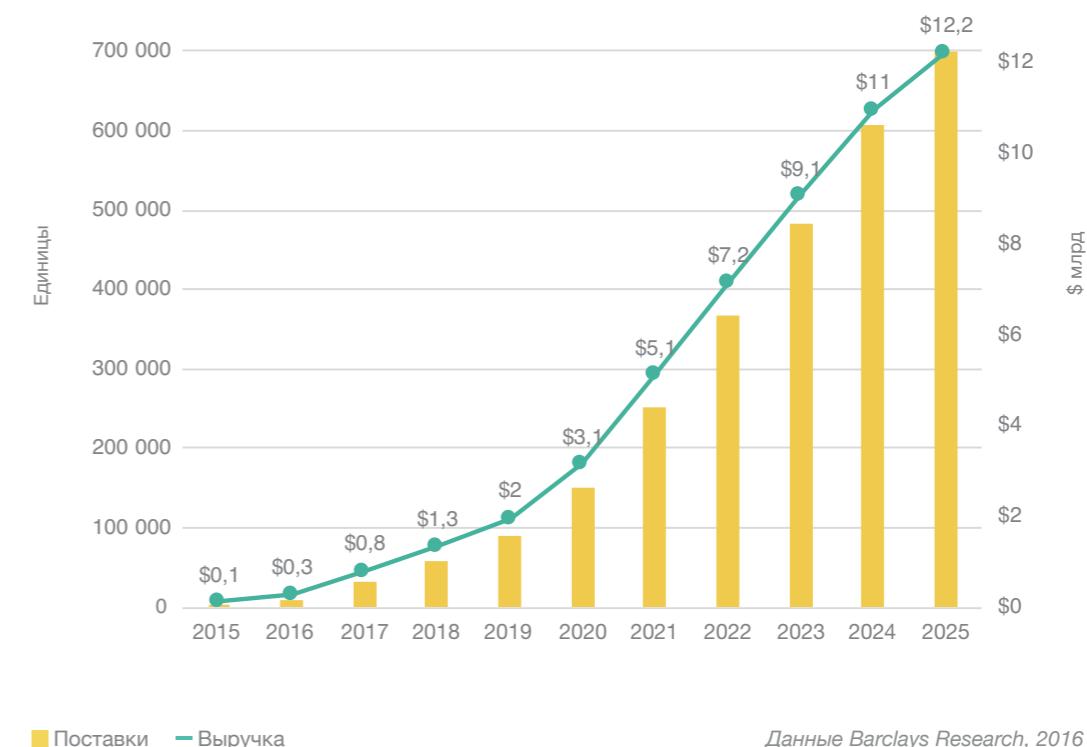
Кобот должен соответствовать требованиям безопасности, которые определены в двух стандартах: ISO 10218-1:2011^[7] и ISO 10218-2:2011^[8].



Использование коботов драматически растет. По оценке *Barclays Research*^[9], количество установленных коллаборативных роботов удваивается каждый год: в конце 2020 года общее число проданных коботов достигнет 150 тыс. единиц, а общая стоимость данного рынка превысит \$3,1 млрд. По более консервативной оценке *MarketsandMarkets Research*, в конце 2023 года общая стоимость проданных коботов составит \$4,2 млрд^[10].

Коллаборативная робототехника является приоритетным направлением для проектов лаборатории робототехники Сбербанка.

РИСУНОК 12. ОЖИДАЕМЫЕ ОБЪЕМ ПОСТАВОК И ВЫРУЧКА ОТ ПРОДАЖ КОЛЛАБОРАТИВНЫХ РОБОТОВ В 2015–2025 Г.





КОЛЛАБОРАТИВНЫЕ РОБОТЫ

У коботов есть неоспоримые преимущества перед обычными промышленными роботами предыдущего поколения:

- 01.** возможность безопасной работы рядом с человеком (благодаря силомоментным датчикам и разного типа камерам);
- 02.** легкость монтажа и настройки (в некоторых случаях можно обойтись даже без программирования);
- 03.** более низкая стоимость: ~\$26 тыс. вместо ~\$46 тыс.

Типичные задачи, которые может выполнять колаборативный робот:

- перемещение объектов;
- сортировка объектов;
- упаковывание;
- обработка материалов;
- сборка электроники.



По нашему мнению, колаборативная робототехника имеет все шансы стать *next big thing* в робототехнике. Именно поэтому Лаборатория робототехники Сбербанка считает это одним из их стратегических приоритетов.



Коллаборативный робот
Universal Robot UR10
работает рядом с человеком
Фото: <https://www.universal-robots.com>

БЕЛОРУССКАЯ КОМПАНИЯ ROZUM ROBOTICS — СТАРТАП, КОТОРЫЙ ПОСТАВИЛ СВОЕЙ ЦЕЛЬЮ ПРЕВЗОЙТИ УСПЕХ КОМПАНИИ UNIVERSAL ROBOTS (ДАНИЯ). В ФЕВРАЛЕ 2018 ГОДА ПЕРВОЕ ПОКОЛЕНИЕ МАНИПУЛЯТОРОВ ЭТОЙ КОМПАНИИ ПРОШЛО ТЕСТИРОВАНИЕ В ЛАБОРАТОРИИ РОБОТОТЕХНИКИ СБЕРБАНКА.



Фото: Лаборатория робототехники Сбербанка

Фото: <https://www.f6s.com/rozumrobotics>

ОБЛАЧНАЯ РОБОТОТЕХНИКА И «УМНОЕ» ПРОИЗВОДСТВО

Японский производитель промышленных роботов *FANUC* в 2017 году представил свою разработку для «умного» производства. *FANUC Intelligent Edge Link and Drive (FIELD)* — это облачная платформа, к которой подключены промышленные роботы, станки с ЧПУ, сенсоры и прочие периферийные устройства на производстве. На момент запуска к платформе было подключено 6 тыс. роботов на 26 заводах^[11].

Вся информация с подключенных устройств загружается в единое хранилище, где обрабатывается при помощи алгоритмов машинного обучения.

Анализ собранных данных позволяет:

- 01.** узнать, какова вероятность поломок узлов робота (это позволяет вовремя запланировать техническое обслуживание и сократить простои, ущерб от которых достигает \$20 тыс. в минуту),
- 02.** быстро обучить робота (вероятно, на одном из заводов другой робот выполнял эту операцию).



Иллюстрация
технологии
*FANUC Intelligent
Edge Link and Drive*

Фото:
Robotics and Automation News

СЕРВИСНАЯ РОБОТОТЕХНИКА

РЫНОК СЕРВИСНОЙ РОБОТОТЕХНИКИ

В 2016 году в мире было изготовлено и продано **59 706** сервисных роботов для профессионального использования на общую сумму **\$4,7 млрд**. Больше всего в абсолютном выражении продаются **роботов для логистики** (~25 тыс. единиц), **военно-го применения** (~11 тыс.), для **коммерческих пространств** (~7 тыс.), **полевых работ и экзоскелетов** (по ~6 тыс.).

Для **персонального использования** в 2016 году в мире было куплено **6,7 млн** роботов на сумму **\$2,6 млрд**, 4,6 млн из них – роботы для домашних задач (в основном **пылесосы**) и для развлечения – 2,1 млн (в основном **игрушки**).



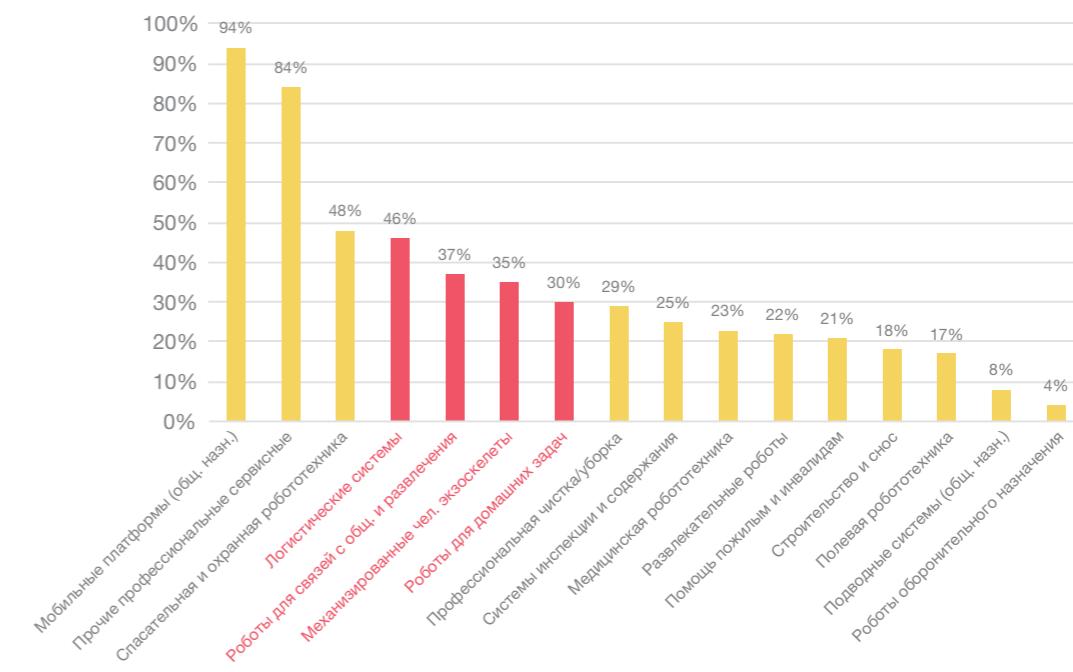
Лаборатория робототехники Сбербанка выбрала в качестве целевых проекты сервисной робототехники, удовлетворяющие трем условиям:

- высокий темп роста продаж сейчас;
- большой потенциал в будущем;
- возможность непосредственного прикладного применения в Банке.



Хорошо, что робототехника оборонительного назначения имеет невысокие темпы роста!

РИСУНОК 13. ТИПЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ И ДОМАШНИХ РОБОТОВ ПО ТЕМПАМ РОСТА КОЛИЧЕСТВА ПРОДАЖ В 2017 Г. ПО СРАВНЕНИЮ С 2016 Г.



Данные IFR, 2017



РОСТ РЫНКА

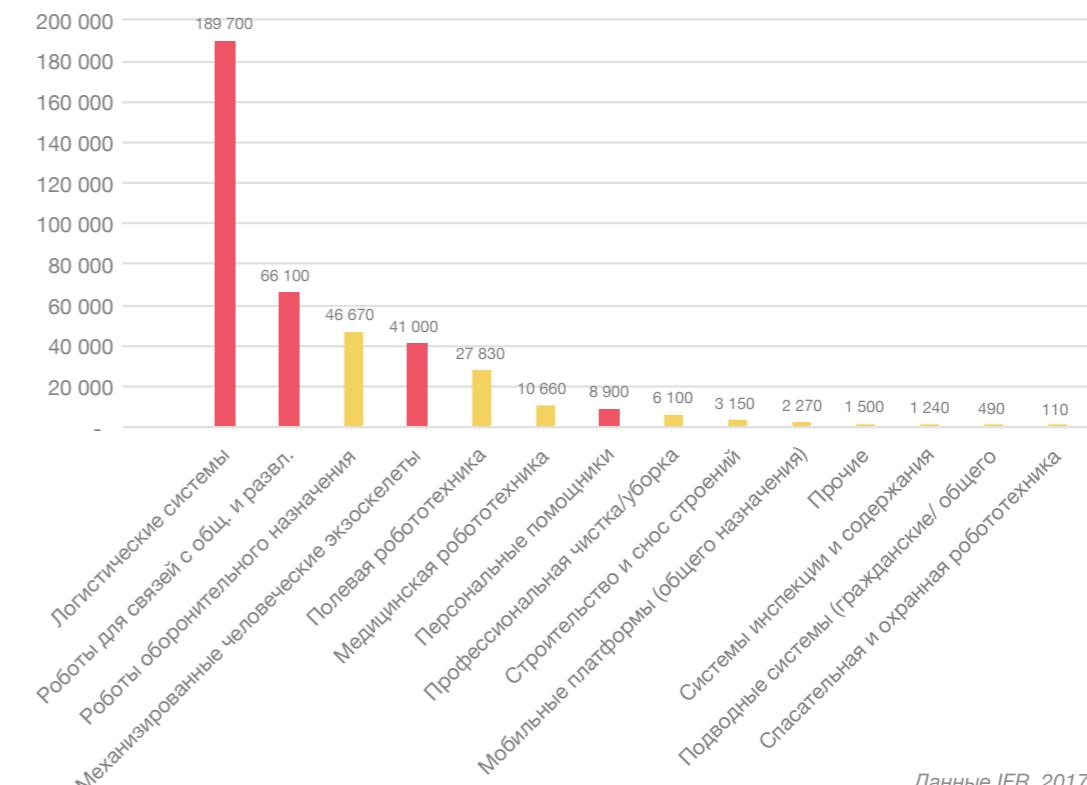
Направления, которые к 2020 году составят основу рынка сервисной робототехники:

- логистические системы (включают логистику внутри помещений, беспилотные и воздушные средства доставки вне помещений);
- роботы для обслуживания клиентов;
- промышленные экзоскелеты;
- роботы для домашних задач (персональные помощники).

РИСУНОК 14. ПРИМЕРНАЯ ЕЖЕГОДНАЯ РЫНОЧНАЯ СТОИМОСТЬ ПРОДАННЫХ СЕРВИСНЫХ РОБОТОВ, МЛРД



РИСУНОК 15. ОЖИДАЕМОЕ КОЛИЧЕСТВО ПРОДАННЫХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ СЕРВИСНЫХ РОБОТОВ К 2020 Г.



Данные IFR, 2017

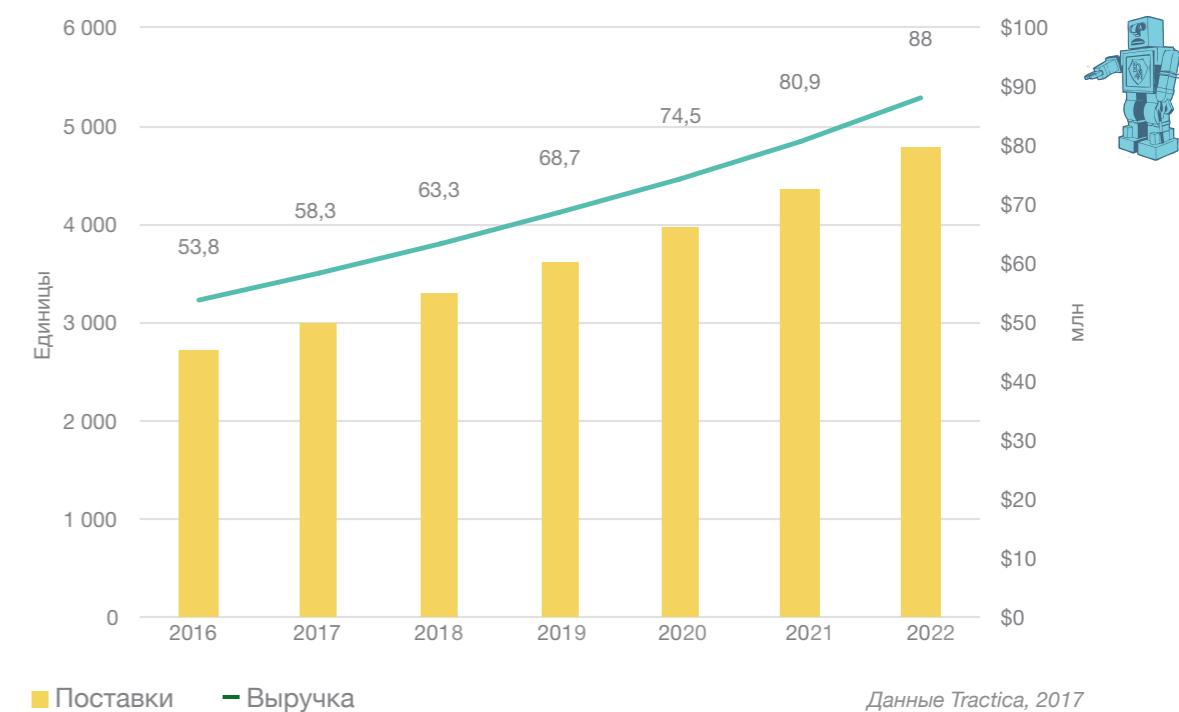
РОБОТЫ ДЛЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ КЛИЕНТОВ

Спрос на роботов для обслуживания клиентов определяется следующими факторами:

- стратегией массовой персонализации обслуживания;
- стоимостью человеческих ресурсов;
- уровнем цифровизации и конкуренции на рынке обслуживания клиентов;
- применением машинного обучения и робототехники для анализа поведения клиентов;
- изменением функций персонала;
- а также инициативами по продвижению роботов в сфере услуг, в особенности в Японии и Китае.

Тщательно разработанные подходы к роботизации интерактивного маркетинга могут существенно повысить уровень персонализации и качество обслуживания клиентов, таким образом усилив конкурентное преимущество бренда.

**РИСУНОК 16. ОЖИДАЕМЫЕ ОБЪЕМ ПОСТАВОК И ВЫРУЧКА ОТ ПРОДАЖ
РОБОТОВ ДЛЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ КЛИЕНТОВ НА МИРОВОМ РЫНКЕ В 2016–2022 Г.**





Основные сложности при внедрении такого типа роботов — завышенные ожидания заказчиков и преувеличение способностей искусственного интеллекта. Кроме того, ошибкой является игнорирование культурно-этических барьеров. Стоимость обслуживания часто обусловлена сложностями, возникающими при работе с клиентами, и скрытыми затратами, связанными с низким уровнем обслуживания робототехники.

Помимо рыночных вызовов отрасль сталкивается также с технологическими трудностями. Большинство этих проблем обусловлено взаимодействием роботов и людей, автономностью передвижений, машинным зрением и распознаванием речи, ИИ и машинным обучением, ограничениями, связанными с облачной робототехникой, а также безопасностью и стандартами.

Pepper,
SoftBank
(Япония)



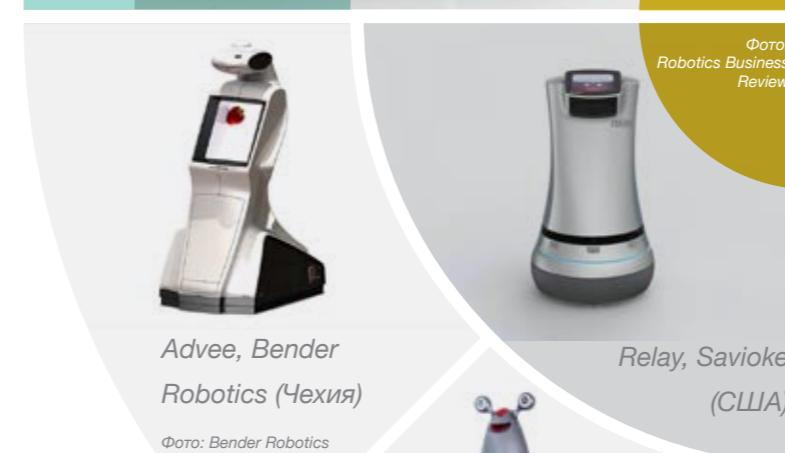
OSHbot,
Fellow
Robotics
(США)

Фото:
Silicon
Valley Robotics

Фото:
Softbank Robotics



Care-o-bot,
Fraunhofer IPA
(Германия)



Advee, Bender
Robotics (Чехия)

Фото:
Robotics Business
Review

Фото:
Fraunhofer
IPA



Gilberto,
BlueBotics
(Швейцария)

Фото: [http://www.
bluebotics.com](http://www.bluebotics.com)

ЛОГИСТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

В задачу логистических систем входит управление потоком товаров, их перевозкой, обработкой и упаковкой. Все логистические системы требуют мобильности либо в закрытом, либо в открытом пространстве. Автоматически (или иногда автономно) управляемые транспортные средства (AGV) — это мобильные роботы, используемые для автоматического перемещения материалов от точки к точке. Применение автоматизированных транспортных средств включает транспортировку и, в зависимости от конкретных задач, обработку, упаковку, сортировку и доставку.

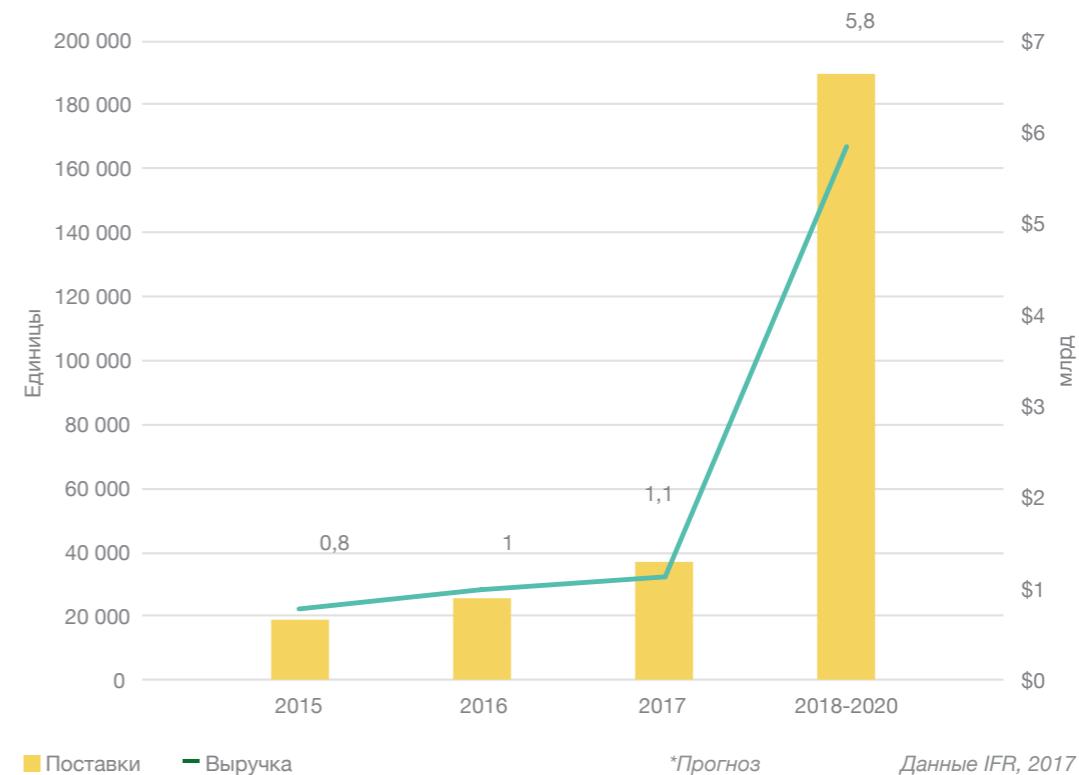


Основное преимущество робототехнических решений для логистики — это сокращение потребности в ручном труде, уменьшение человеческого фактора, безопасность на рабочем месте и большая точность при инвентаризации.

Существует два типа логистических систем:

- 01.** складские роботы;
- 02.** беспилотные средства доставки (внутри и вне помещений).

РИСУНОК 17. ОЖИДАЕМЫЕ ОБЪЕМ ПОСТАВОК И ВЫРУЧКА ОТ ПРОДАЖ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ В 2015–2020 Г.



ЛОГИСТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

СКЛАДСКИЕ РОБОТЫ

Автоматизированные транспортные средства могут быть оборудованы отдельно от их мобильной базы контейнерами для хранения товаров (курьерский тип), передаточными устройствами, такими как погрузчики (вилочный тип), передаточные ремни, полозья или рычаги для их погрузки и разгрузки и манипуляторы для обработки материала в среде мобильных роботов (мобильные манипуляторы). Другие автоматизированные транспортные средства могут использоваться для буксировки (буксировочный тип).

Типичные задачи для автоматизированных транспортных средств — это перемещение товаров в процессе производства, загрузка поддонов и свободных емкостей, перемещение товаров из оберточного цеха в доки для хранения, перемещение заказанной продукции для распределения в зону погрузки.

Инвестиции в роботов для логистики могут быстро окупиться, если предположить, что они используются 24 часа в день. Инвестиции могут быть компенсированы в течение двух-трех лет, учитывая 15-летний срок эксплуатации (по оценке IFR для США).



OmniBot, Kuka
(Германия/Китай)

Kiva, Amazon
(США)



Фото:
Market Watch



MiR200,
Mobile Industrial
Robots (Дания)

Фото: Mobile Industrial Robots



MT-500,
Neobotix
(Германия)

Фото:
Neobotix



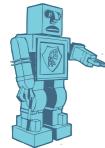
EvoCart,
BlueBotics
(Швейцария)

Фото: BlueBotics

Lynx, Adept
MobileRobots
(США)



Фото:
InnoroBo



ЛОГИСТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

БЕСПИЛОТНЫЕ СРЕДСТВА ДОСТАВКИ

Беспилотные средства доставки делятся на два типа:

01. для доставки в помещениях
(например, офисы, отели, больницы);
02. для доставки за пределы помещений
(«последняя миля» в онлайн-торговле).

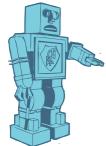
Роботы для доставки в помещения могут потребовать значительной инфраструктуры, например установки системы открытия дверей или эскалаторов для перемещения с этажа на этаж. Эти инвестиции окупаются значительно быстрее, если робот используется 24 часа ежедневно. Компания *Aethon* заявляет*, что *ROI* ее робота для больниц *TUG* составляет от 20 до 50%. По ее данным, для больницы на 300 мест ежегодно около \$4 млн тратится только на людей, толкающих тележки. Ежедневно более 600 часов рабочего времени персонала посвящается этой задаче. Один робот *TUG*, работающий только в две смены семь дней в неделю, как заявляется, делает работу 2,8 сотрудника полного рабочего дня, занятых аналогичными задачами, при этом стоит меньше одного такого сотрудника.

* по данным IFR, 2017

TUG,
Aethon
(США)



ЛОГИСТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ



БЕСПИЛОТНЫЕ СРЕДСТВА ДОСТАВКИ

Многочисленные компании по предоставлению логистических услуг и компании в сфере онлайн-розницы экспериментируют с роботизированными системами, чтобы ускорить и удешевить последний этап доставки от пунктов доставки до дверей клиента — «последнюю милю».

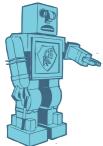
Исследование *McKinsey*^[12] обобщает ситуацию в сфере беспилотных средств доставки за пределы помещений, называя ее сектором глобального роста (7–10% в развитых странах, 300% в развивающихся странах) в основном за счет B2C.

Выделяются два типа решений для доставки: автономные наземные мобильные платформы и беспилотные летательные аппараты. На сегодняшний день наибольшее распространение получили беспилотные летательные аппараты и автономные платформы для доставки грузов в городе. Следующим этапом развития ожидается появление беспилотных большегрузных автомобилей.



ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЭКЗОСКЕЛЕТЫ

Механизированный экзоскелет можно определить как активный механический прибор с выраженным антропоморфными свойствами, подходящий по размеру оператору, который его носит, и работающий согласованно с движениями оператора.



36

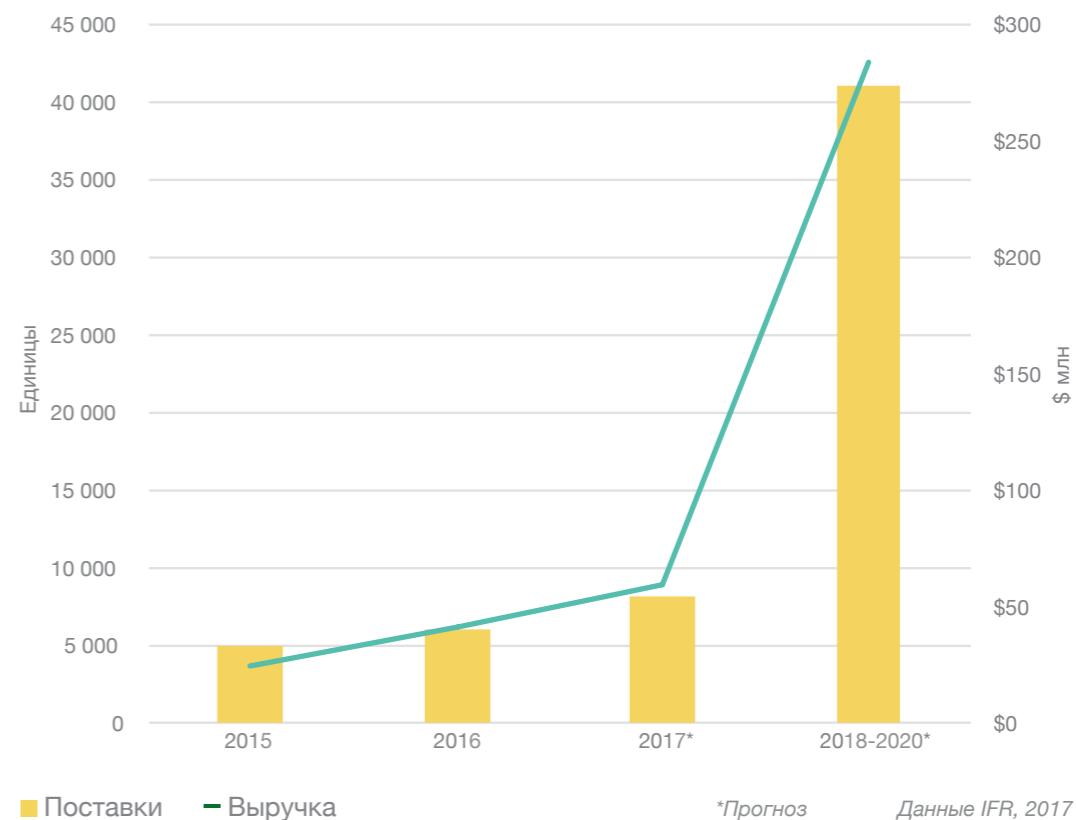
Применение экзоскелетов может сыграть важную роль в облегчении условий работы персонала, особенно на производстве и в логистике, ввиду демографических изменений.

Основные задачи:

- 01.** расширение человеческих возможностей в области обороны, спасения и в чрезвычайных ситуациях;
- 02.** эргономичная поддержка для уменьшения нагрузки, например, на позвоночник, бедра и плечи при подъеме тяжестей на работе, особенно на производстве и в логистике.

Существуют различные типы конструкции, в зависимости от которых модели делятся на три группы: полноразмерные экзоскелеты, экзоскелеты нижних и верхних конечностей.

**РИСУНОК 18. ОЖИДАЕМЫЕ ОБЪЕМ ПОСТАВОК И ВЫРУЧКА
ОТ ПРОДАЖ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭКЗОСКЕЛЕТОВ В 2015-2020 Г.**



ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЭКЗОСКЕЛЕТЫ

Полноразмерные экзоскелеты используются в основном в оборонной сфере для расширения возможностей человеческого тела. Вес экипировки солдат может превышать 20 кг. Дополнительный вес во время наклонов, бега, приседаний и прыжков увеличивает риск травм.

Экзоскелеты для **верхней части** тела можно разделить на три типа:

01. помогающие удерживать инструмент;
02. уменьшающие нагрузку на позвоночник и поясницу при поднятии тяжестей;
03. дополнительные руки (могут выполнять вспомогательные функции, например держать дополнительный инструмент).

Экзоскелеты для **нижней части тела** могут быть двух типов:

04. Снижающие усталость при работе, которая предполагает стоячее положение в течение долгого времени. Экзоскелет принимает такое положение, при котором ноги рабочего находятся в состоянии, близком к покоя на стуле;
05. повышающие силу и/или выносливость во время ходьбы и бега.



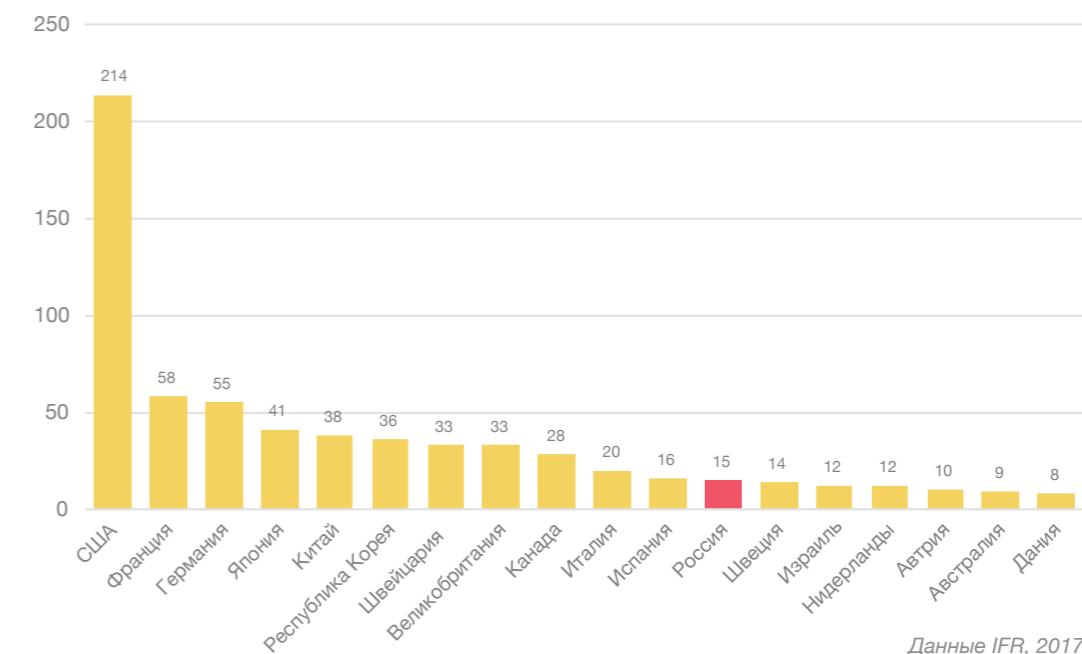
ГЕОГРАФИЯ РЫНКА

Диаграмма иллюстрирует общее количество производителей сервисных роботов по странам. В этот список не попадают маленькие локальные компании, которых, например, в России еще порядка семидесяти. Сколько таких компаний на более развитых рынках — сказать сложно.



Тем не менее, в соответствии со статистикой *IFR*, Россия входит в топ-20 стран — производителей сервисной робототехники. Это означает, что в данной области у нашей страны есть хороший потенциал для роста.

**РИСУНОК 19. КОЛИЧЕСТВО ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ СЕРВИСНЫХ РОБОТОВ
ВСЕХ ТИПОВ (ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ, ДОМАШНЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ)
ПО СТРАНАМ В 2016 Г.**



Данные *IFR*, 2017

ГЕОГРАФИЯ РЫНКА СЕРВИСНОЙ РОБОТОТЕХНИКИ

РЕГИОНЫ

Главным игроком на рынке сервисной робототехники являются США (Рисунок 20-21). В общей сложности 49% сервисных роботов производится в Америке. Азия существенно отстает — лишь 30%, в Европе — 21%. Однако азиатские производители уже опередили европейцев в области персональной робототехники.



Американские робототехники сохраняют динамику: продажи американских роботов увеличились на 25% в 2016 году. Очевидно, что в условиях общего растущего рынка европейские производители профессиональных сервисных роботов смогли увеличить свои продажи лишь на 2%. Евросоюз и США отстают от Азии по темпам роста. В этом регионе продажи сервисных профессиональных роботов возросли на 72% по сравнению с 2015 годом.

РИСУНОК 20. СЕРВИСНЫЕ РОБОТЫ ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ. ПРОДАЖИ ЗА 2015 И 2016 Г. ПО РЕГИОНАМ ПРОИЗВОДСТВА, ТЫС. ЕДИНИЦ

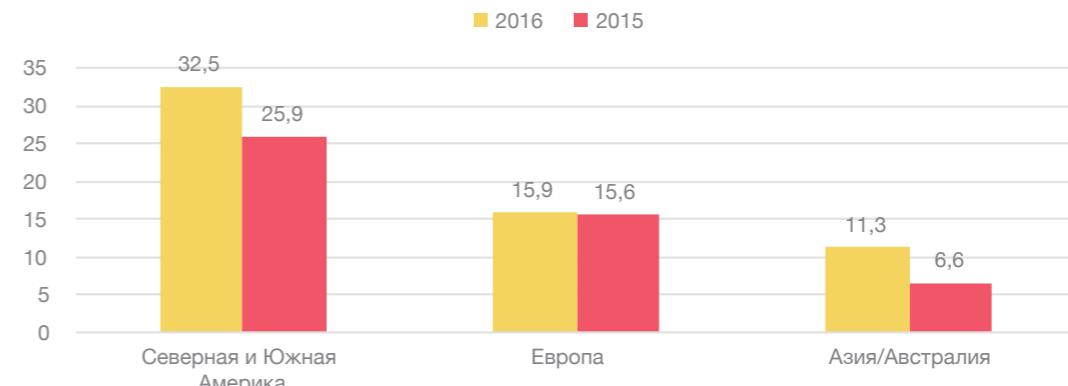
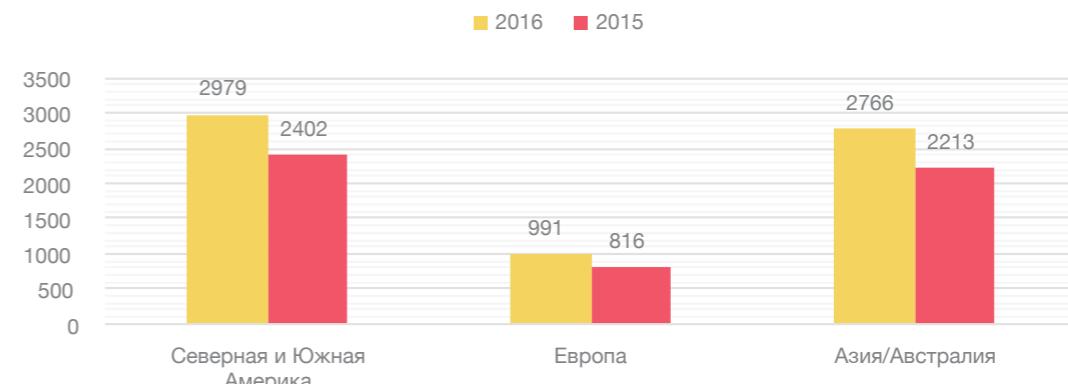


РИСУНОК 21. СЕРВИСНЫЕ РОБОТЫ ДЛЯ ЛИЧНОГО/БЫТОВОГО ПРИМЕНЕНИЯ. ПРОДАЖИ ЗА 2015 И 2016 Г. ПО РЕГИОНАМ ПРОИЗВОДСТВА, ЕДИНИЦ



Данные IFR, 2017

ГЕОГРАФИЯ РЫНКА СЕРВИСНОЙ РОБОТОТЕХНИКИ

ПРОИЗВОДИТЕЛИ



Интересно отметить, что, несмотря на безоговорочное лидерство по количеству проданных сервисных роботов, США уступает Европе по количеству производителей. В 2016 году по количеству компаний-производителей лидировал европейский регион (44%), заметно отставали Северная Америка (35%) и Азия (21%).



Мы предполагаем, что европейские страны имеют развитые программы поддержки инноваций в направлении *deep tech* (к которым относится и робототехника). Каждая ведущая европейская держава — Великобритания, Франция, Германия, Швейцария — имеет собственные программы развития робототехники. Также есть общеевропейская программа *euRobotics*, которая действует в рамках *Horizon 2020*.

РИСУНОК 22.
КОЛИЧЕСТВО
ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ
СЕРВИСНОЙ
РОБОТОТЕХНИКИ
ВСЕХ ТИПОВ
ПО РЕГИОНАМ
В 2016 Г.



ОСНОВНЫЕ TRENДЫ РОБОТОТЕХНИКИ

СЕРВИСНАЯ РОБОТОТЕХНИКА — ТОЧКА РОСТА

Сфера услуг составляет порядка 69% мирового ВВП^[13]. Поэтому, логично предположить, что сервисная робототехника имеет более значительный потенциал роста по сравнению с промышленной робототехникой. Подтверждением этого тренда можно считать то, что рынок сервисной робототехники по темпам роста стабильно превышает рынок промышленной робототехники. Тем более, что главным драйвером роста рынка промышленной робототехники является внутреннее потребление Китая. После насыщения этого рынка в отрасли промышленной робототехники неизбежна повторная стагнация.

КОНВЕРГЕНЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ И СЕРВИСНОЙ РОБОТОТЕХНИКИ

В современном мире граница между понятиями «услуга» и «изделие» стремительно стирается — потребители чаще предпочитают платить за часы реальной работы изделия, а не за само



Прототип роботизированного участка пересчета наличных (РУП) на основе колаборативного робота UR5 компании Universal Robots (Дания)

Фото: Лаборатория робототехники Сбербанка

изделие. Изменение бизнес-модели вызывает к жизни конвергенцию базовых технологий и компонентов промышленной и сервисной робототехники. Мы допускаем, что, с высокой долей вероятности, в перспективе от трех до пяти лет разделение роботов в явном виде на промышленных и сервисных (профессиональных) потеряет всякий смысл: любой робот сможет работать как в цеху, так и рядом с человеком.

МАССОВАЯ ПЕРСОНАЛИЗАЦИЯ: КОБОТЫ

Персонализация (кастомизация) массового обслуживания и производства вызывает к жизни новые формы организации обслуживания клиентов и производства изделий. Наиболее успешные формы организации будут отличаться от неуспешных не количеством внедренных роботов, но оптимальной схемой взаимодействия робота и человека в условиях максимально недетерминированного окружения. При этом роботы могут учиться не просто так же хорошо, как люди, но и гораздо быстрее.

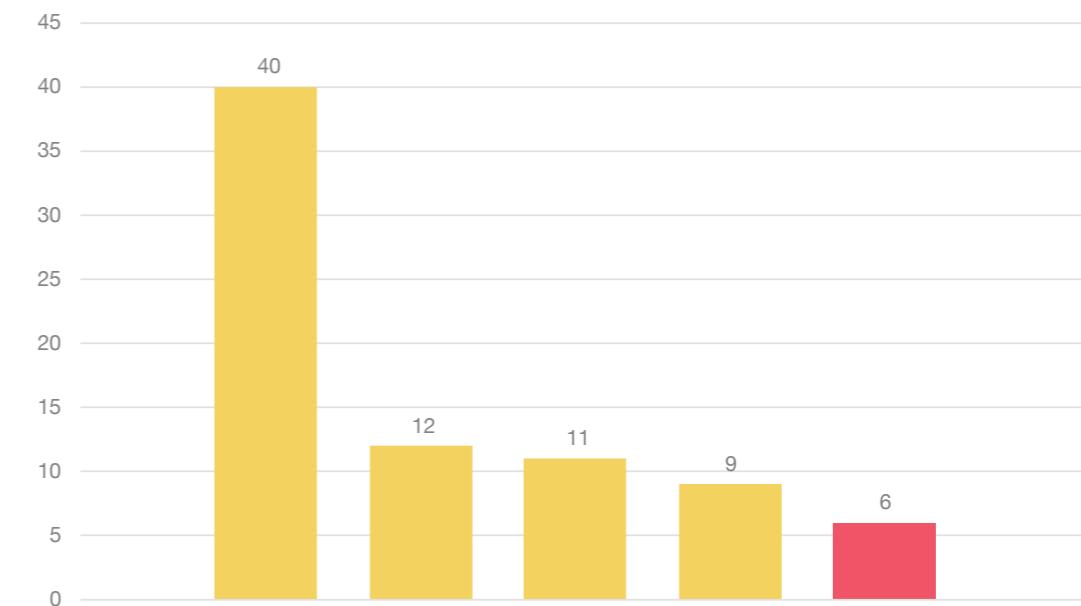




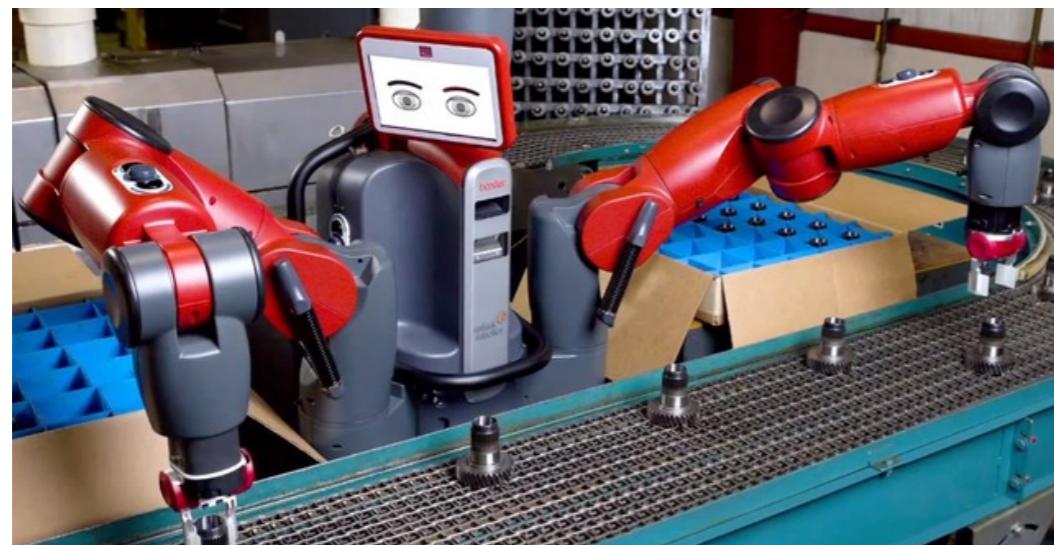
ВЫТЕСНЕНИЕ ПОСРЕДНИКОВ-ИНТЕГРАТОРОВ

Нынешнее поколение роботов, как промышленных, так и профессиональных сервисных, нуждается в интеграторах — посредниках между потребителем и вендором. Машинное облачное обучение сделает коботов (и другие типы роботов) пригодными к выполнению задач *out of the box*, без использования дорогостоящего труда бригады программистов-наладчиков. Интеграторы-наладчики не исчезнут, но уйдут в более высокоуровневый сегмент по оптимизации человека-машинного взаимодействия и усовершенствованию процессов на производстве и в обслуживании. Снижение стоимости позволит малому и среднему бизнесу, которые раньше не могли нанять дорогостоящих инженеров для интеграции и обслуживания, начать внедрение роботов. К примеру, за счет простоты настройки и низкой стоимости владения коботы *Universal Robots* вышли на первое место по темпу продаж в России. При этом коботы продолжают дешеветь. По оценке *Barclays Research*, к 2022 году средняя стоимость коллаборативного робота составит менее \$20 тыс.^[9].

РИСУНОК 23. СРАВНЕНИЕ СРЕДНЕЙ СТОИМОСТИ РУЧНОГО И РОБОТИЗИРОВАННОГО ТРУДА В 2014 Г., €/Ч



Данные *Barclays Research*



Коллaborативный робот Baxter, Rethink Robotics (США). Фото: Rethink Robotics

СНИЖЕНИЕ ПОРОГА РОБОТИЗАЦИИ

Стоимость внедрения роботов в промышленности падает, что ведет к повышению рентабельности роботов и снижению порога входа в отрасль. По данным *Barclays Research*^[14], сред-

ная себестоимость работ, выполняемых роботом, составляет €6 в час. По некоторым данным, аналогичный показатель для кобота в два раза меньше — около €3 в час*. Аналогичная работа, выполняемая человеком, оценивается по-разному в разных странах и регионах: €40 — в Германии, €12 — в США, €11 — в восточной Европе и €9 — в Китае.

РАЗВИТИЕ ОБЛАЧНОЙ РОБОТОТЕХНИКИ

Платформенный подход оказывает огромное влияние на развитие робототехники: знание, доступное одному роботу, может быть доступно мгновенно и без затрат всем остальным роботам. Появляются технологии и продукты, в которых анализ больших данных и машинное обучение помогают улучшить работу роботов. Например, с помощью сервиса AWS Greengrass^[15] компании Amazon робот может учиться оптимально выполнять задачу на основе опыта других роботов.



* <https://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/industrial-robots/collaborative-robots-innovation-growth-driver>



ПОЯВЛЕНИЕ НОВЫХ БИЗНЕС-МОДЕЛЕЙ

Появляются компании^[16], которые размещают роботов на территории заказчика бесплатно, а деньги берут только за время работы робота (*robot-as-a-service*, или *pay-as-you-go*). К 2019 году 30% сервисных роботов для профессионального использования будет работать по этой модели (прогноз International Data Corporation (IDC))^[17].



СИНЕРГИЯ С ДРУГИМИ НАПРАВЛЕНИЯМИ DEEP TECH

Уже сейчас совершенно бесполезно говорить о роботах в отрыве от искусственного интеллекта и машинного обучения. Однако на развитии робототехники будут сказываться такие технологии, как дополненная и виртуальная реальность (*AR/VR*). *AR* может использоваться, например, для того, чтобы увидеть, как будут выглядеть и работать роботы в помещении, а так же для настройки и ремонта с выводом контекстных подсказок обслуживающему специалисту. *VR* может использоваться как симулятор, например, в паре с машинным обучением, для того чтобы отрабатывать



управление роботом не на дорогостоящем физическом окружении, а на более дешевом виртуальном. Роботы уже сейчас интегрируются с *Internet of Things* (*IoT*, интернет вещей) и аддитивными технологиями в контексте создания «фабрик будущего». Важность кибербезопасности трудно переоценить при внедрении роботов в *life-critical* и *mission-critical* процессы.

НЕКОТОРЫЕ КАТЕГОРИИ НАСЕЛЕНИЯ НЕ СМОГУТ ЖИТЬ БЕЗ РОБОТОВ

В 2016 году 8,5% всего мирового населения (~617 млн человек) находились в возрасте старше 65 лет^[18]. По прогнозам, к 2050 году доля населения старше 65 лет составит ~17% (1,6 млрд). Забота о пожилых ложится на плечи трудоспособного населения. Миллионы рабочих мест в сфере заботы остаются незанятыми уже сейчас. По нашему мнению, только радикальная роботизация этой области деятельности поможет предотвратить социальную катастрофу в «серебряных странах» и снижение уровня жизни молодого поколения.



РАДИКАЛЬНЫЙ РОСТ РЫНКА МГНОВЕННОЙ ДОСТАВКИ

Онлайн-торговля переживает стремительный рост. Глобальный рынок уже практически поделен между крупнейшими мировыми компаниями: *Amazon*, *JD.com*, *Alibaba* и другие. Их интерес к теме доставки товаров с помощью беспилотников (воздушных и наземных) вполне объясним — следующий *disruption* возможен со стороны тех, кто владеет «последней милюй» доставки товаров до потребителя. Онлайн переходит постепенно в офлайн, так как данный участок цепочки ценности является самым сложным с точки зрения автоматизации. Гарантированная беспилотная доставка товаров все еще является нерешенной технологической задачей.

РОБОТЫ И ГОСУДАРСТВО

Роботизация общества из технологической повестки постепенно переходит в политическую. Некоторые кандидаты в президенты США уже начинают предвыборную агитацию фокусируя внимание избирателей на проблемах технологического замещения профессий. Мы не считаем, что государство будет ока-

зывать значимое влияние на робототехнику через регулирование. Однако, по нашему мнению, задача переквалификации новых «лишних людей» должна решаться совместными усилиями крупных частных компаний при поддержке государства.

Вместе с тем, в сфере внедрения роботизированных логистических систем, рост рынка в очень большой степени зависит от позиции государства по отношению к беспилотным транспортным системам. В особенности, это относится к регулированию полетов БЛА в воздушном пространстве РФ.

БЕЗУСЛОВНЫЙ ОСНОВНОЙ ДОХОД

Во многих развитых странах уже идут эксперименты по внедрению безусловного основного дохода (БОД). Этот подход обсуждается в экономических кругах десятилетиями. Возможно, БОД действительно неизбежность в условиях тотальной роботизации и вытеснения старых рабочих мест. Скорость обучения человека новым навыкам может быть не такой высокой, поэтому не все люди найдут себе применение.



04 КОМПАНИИ

СЕРВИСНАЯ РОБОТОТЕХНИКА

FEATURED STARTUPS

ИНВЕСТИЦИИ 2017

СДЕЛКИ M&A 2017



Робот для связей с общественностью Chihira, Toshiba (Япония). <https://qz.com>



04 КОМПАНИИ

47

Этот список компаний — отражение нашего мнения относительно того, кто определяет развитие сервисной робототехники в мире — с точки зрения как технологий, так и бизнеса. Компании в этом списке можно разделить на две категории: индустриальные гиганты и молодые компании (часть из них — стартапы).

У индустриальных гигантов есть большие ресурсы для НИОКР, результаты которых могут значительно влиять на отрасль.

Молодые компании и стартапы имеют преимущество в скорости вывода продукта на рынок (*time to market*), в получении обратной связи от пользователей и внесении изменений в свой продукт. По этим причинам они тоже могут значительно влиять на отрасль.

Все фото роботов взяты
с официальных веб-сайтов
производителей.

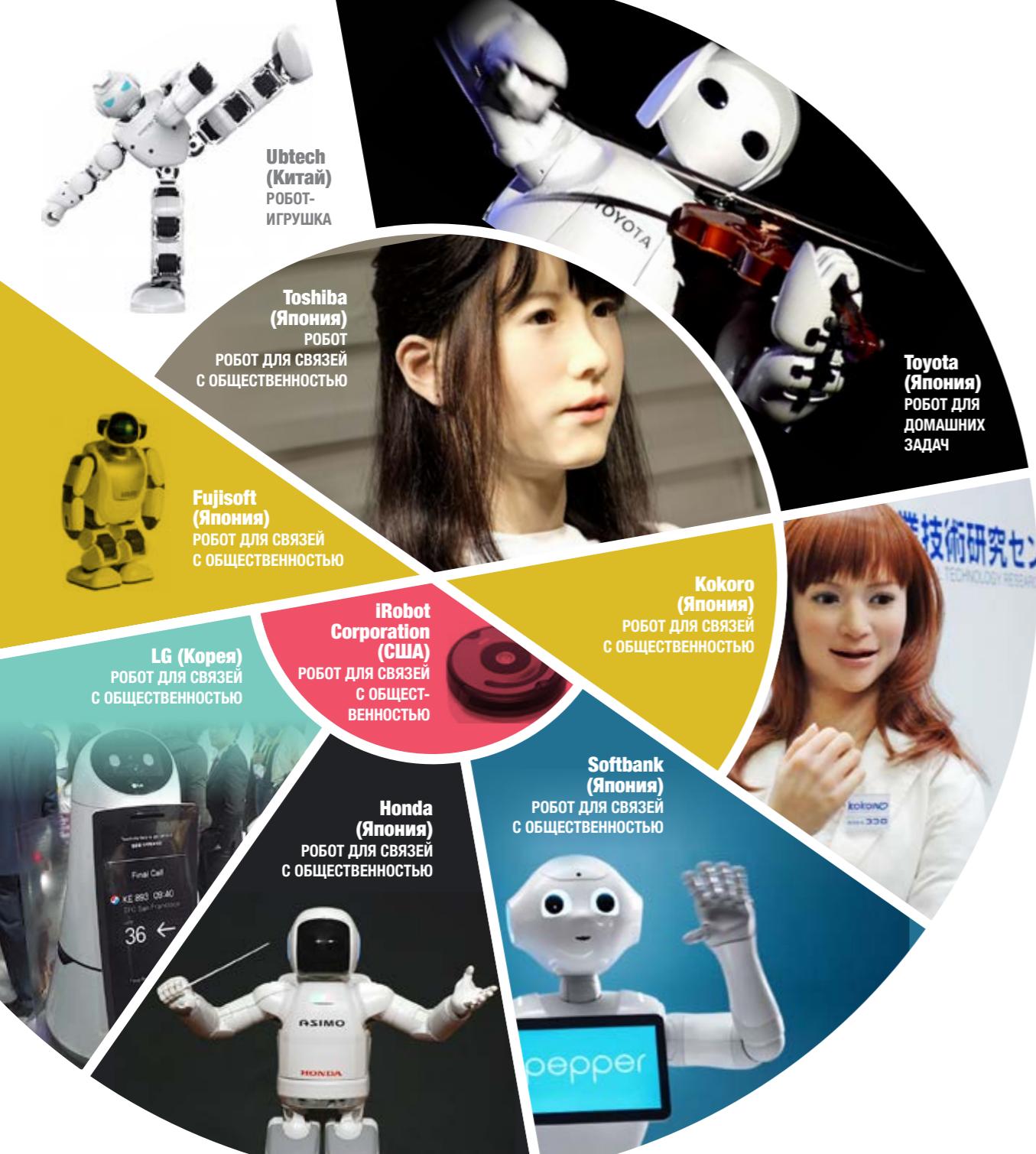


ЛАБОРАТОРИЯ РОБОТОТЕХНИКИ СБЕРБАНКА. АПРЕЛЬ 2018



04 КОМПАНИИ
СЕРВИСНАЯ РОБОТОТЕХНИКА

СЕРВИСНАЯ РОБОТОТЕХНИКА



Крупных компаний, которые занимаются разработкой сервисной робототехники, больше всего в Японии, тогда как маленькие компании и стартапы находятся главным образом в США. Японские компании разрабатывают преимущественно человекоподобных роботов для коммерческих пространств: гидов, консультантов. Компании из США разрабатывают массовые (в будущем) продукты: беспилотные транспортные средства, роботов для уборки, для логистики.

Мы ожидаем, что в ближайшее время в этот список попадут компании, которые разрабатывают программные и аппаратные компоненты для беспилотных наземных транспортных средств.

Все фото роботов взяты с официальных веб-сайтов производителей.

ДИСКЛЕЙМЕР

49

В ходе подготовки этого отчета, сотрудники Лаборатории робототехники Сбербанка получили большой массив данных о рынке робототехники, в том числе о компаниях, технологиях, бизнес-моделях.

В результате первичной систематизации этих данных, подкрепленной собственной экспертизой сотрудников Лаборатории, получился предварительный список десяти перспективных стартапов в области робототехники с кратким описанием технологии и бизнес-модели.

Важно отметить, что при составлении этого списка использовалась информация преимущественно из открытых источников и из аналитических отчетов компаний* и **не проводился полноценный Due Diligence**.

* IFR, Tractica, ABI Research, IDC.

Все фото роботов взяты с официальных веб-сайтов производителей.



FEATURED STARTUPS

GREYORANGE (СИНГАПУР)

Робот Butler,
GreyOrange
Фото: GreyOrange



ТЕХНОЛОГИЯ

Butler — мобильный логистический робот. Помогает повысить эффективность сбора заказов в складских помещениях.

Заказ, который приходит на склад, может содержать несколько товарных позиций из разных категорий, которые хранятся на разных стеллажах. После того как в систему управления складом (*warehouse management system*) приходит заказ, несколько роботов *Butler* поднимают по одному стеллажу и везут их на место сборки заказа. Оператор (человек) берет нужные для заказа товары со стеллажей, после чего роботы везут их обратно на место.

Таким образом, комплектование заказов ускоряется — решается проблема нехватки сотрудников склада в моменты пиковой нагрузки и медленной скорости их работы. Похожая технология, доказавшая свою эффективность, используется на складах американской компании *Amazon*.

БИЗНЕС-МОДЕЛЬ И ЭКОНОМИКА

Компания *GreyOrange* существует с 2011 года. Есть офисы в Сингапуре (*HQ*), Германии, ОАЭ, Индии, Гонконге и Японии.

Кроме робота *Butler* у компании есть еще два продукта: устройство, снимающее характеристики (размеры и вес) перемещаемых объектов, и конвейер, сортирующий объекты.

По заявлениям компании, *Butler* помогает сотрудникам склада обрабатывать до 500 объектов в час вместо 40–80 при полностью ручном труде.

В 2014 году компания получила раунд «A» \$9 млн от *Blume Ventures and Tiger Global Management*, в 2015-м — раунд «B» на \$30 млн от тех же инвесторов.

Данных о продажах компании в открытом доступе (на момент написания отчета) не было.

SIMBE ROBOTICS (США)

Робот Tally,
Simbe Robotics

Фото: Simbe Robotics



ТЕХНОЛОГИЯ

Tally — мобильный робот для аудита товарных полок в розничных магазинах. Робот перемещается между стеллажами и сканирует их содержимое, решая четыре проблемных сценария, с которыми обычно сталкивается человек:

- 01.** товар закончился;
- 02.** на полке осталось мало товара;
- 03.** на полке выложен не тот товар, который должен быть
- 04.** на полке неправильный ценник.

Робот безопасен для сотрудников и посетителей магазина, поэтому он может выполнять аудит в любое время.

Робот сохраняет в облако данные о проблемах с выкладкой товара; эти данные могут использоваться производителями товаров, которые зачастую платят магазинам за размещение на определенной полке.

БИЗНЕС-МОДЕЛЬ И ЭКОНОМИКА

Компания существует с 2014 года. Бизнес-модель компании — сервисная: клиенты ежемесячно вносят плату, которая определяется количеством магазинов, их размером и количеством товарных позиций. По заявлениям компании, точность аудита при ручном труде составляет 60%. В небольших супермаркетах аудит может занимать от 20 до 40 часов в неделю. *Tally* выполняет этот объем работы за 60 минут.

Собрав статистику в супермаркетах, в которых уже работает *Tally*, компания увидела, что в один момент времени на полках могут отсутствовать до 10% товарных позиций. Недоступность товара для покупателя на полке осталось мало товара; прямой ущерб бизнесу как супермаркета, так и производителя или поставщика. В компанию уже вложились венчурные фонды *Pillar* и *Cherubic Ventures* и акселератор *HAX* (сумма не раскрывается).

FELLOW ROBOTS (США)

Робот Navii,
Fellow Robots
Фото: Fellow Robots



ТЕХНОЛОГИЯ

Navii — мобильный робот для работы в гипермаркетах. Выполняет следующие задачи:

- 01.** помогает посетителям магазина быстро найти нужный товар (показывает карту на дисплее и может проводить до нужной полки);
- 02.** предупреждает сотрудников магазина о несоответствии товара на полке с ценником и о ситуациях, когда товар на полке закончился.

Если покупателю недостаточно информации о товаре на дисплее робота, он может связаться с экспертом в режиме теле-

присутствия (у робота есть веб-камера и микрофон). Робот использует рекомендательную систему: например, если покупатель интересуется краской, ему могут быть предложены кисти.

Речевой модуль робота уже локализован для 25 языков.

БИЗНЕС-МОДЕЛЬ И ЭКОНОМИКА

Компания существует с 2011 года.

Роботы уже используются более чем в 10 строительных гипермаркетах крупных сетей *Lowe's* и *Orchard* (США).

В 2015 году компания привлекла \$230 тыс. с помощью крауд-фандинга и от акселератора *HAX*.

JIBO (США)

Робот Jibo, Jibo

Фото: Jibo



ТЕХНОЛОГИЯ

Jibo — персональный робот-собеседник. Он умеет распознавать речь и синтезировать голос — такой технологией обладает множество других голосовых помощников (*Alexa, Siri, Google Assistant*). Преимущество *Jibo* в трех степенях свободы для придания «человекоподобия» его движениям во время общения, хотя самостоятельно перемещаться робот не может.

Основные задачи *Jibo*:

- 01.** поддерживать разговор и инициировать его: например, робот может рассказать шутку, так как умеет определять настроение собеседника;
- 02.** предоставлять информацию: например, сообщать прогноз погоды, напоминать о событиях, читать электронные письма, предлагать рецепты блюд;
- 03.** выполнять другие действия: например, управлять элементами «умного» дома, закрывать еду в ресторане, создавать напоминания, фотографировать и записывать видео.

БИЗНЕС-МОДЕЛЬ И ЭКОНОМИКА

Компания существует с 2012 года. В 2014 году компания привлекла \$3,6 млн при помощи краудфандинга. В течение 2015–2016 годов компания получила несколько раундов инвестиций на общую сумму \$69 млн и была оценена в \$128 млн.

Продукт компании рассчитан на широкий круг потребителей. Серийный образец был выпущен в 2017 году по цене \$899.

MOBILE INDUSTRIAL ROBOTS (ДАНИЯ)

ТЕХНОЛОГИЯ

Основные продукты компании — роботы для логистики в помещениях *MiR 100* и *MiR 200* с полезной нагрузкой 100 и 200 кг соответственно. Роботы перемещаются автономно, их легко настраивать. В зависимости от требований пользователя их можно совмещать с разным окружением, например, стеллажами, подъемниками, конвейерными лентами или коллаборативными роботами.

Для управления роботами компания разработала приложение *MiRFleet*, которое дает заказчикам возможность централизованно контролировать всех роботов на объекте.

БИЗНЕС-МОДЕЛЬ И ЭКОНОМИКА

Компания основана в 2013 году и развивалась в основном за счет частных средств.

Уже более ста роботов работают на предприятиях по всему миру, включая такие компании, как *Flex*, *Unilever*, *Boeing*,

Робот *MiR 200*
со стеллажами,
Mobile Industrial Robots

Фото: *Mobile Industrial Robots*



Робот *MiR 100*
Mobile Industrial Robots

Фото: *Mobile Industrial Robots*

Danone, *Ericsson*, *Honeywell*, *Continental*, *Walmart*, *Hitachi*, *Raytheon*, *Kamstrup*, *Visteon*, *Assa Abloy*, *Magna Power* и *Newform*. Некоторые больницы и дома престарелых тоже используют этих роботов.

С 2015 по 2016 год продажи у компании выросли на 500%, была открыта дилерская сеть в 40 городах, а также региональные офисы в Шанхае, Нью-Йорке, Дортмунде, Барселоне и Сингапуре.

По отзывам сотрудников компании *Honeywell Analytics*, один робот *MiR* может заменить до шести человек, занятых логистикой внутри помещений^[4].

Компания *Kamstrup* (производитель электронной техники мирового уровня) удвоила объем производства продукции без увеличения затрат на рабочую силу. Частично это было достигнуто за счет внедрения роботов *MiR* — они вытеснили традиционные конвейерные ленты в цехах^[4].

EKSO BIONICS (США)



Промышленный
экзоскелет
EksoVest, Ekso Bionics

Фото: Ekso Bionics



СБЕРБАНК

ЛАБОРАТОРИЯ РОБОТОТЕХНИКИ СБЕРБАНКА. АПРЕЛЬ 2018

Медицинский экзоскелет
EksoGT, Ekso Bionics

Фото: Ekso Bionics

ТЕХНОЛОГИЯ

Компания производит промышленные и медицинские реабилитационные экзоскелеты.

Промышленные экзоскелеты для верхней части тела увеличивают индивидуальную производительность труда, снижая усталость и риск получения травм. При весе в 4 кг экзоскелет помогает рабочему поднимать до 7 кг полезной нагрузки каждой рукой.

Медицинские реабилитационные экзоскелеты позволяют пациентам, перенесшим инсульт, заново научиться ходить. Для улучшения реабилитации компания разработала облачный сервис *EksoPulse*, который на основании данных, собранных

экзоскелетом, позволяет терапевтам составлять персонализированные планы реабилитации.

БИЗНЕС-МОДЕЛЬ И ЭКОНОМИКА

Компания существует с 2005 года. Получила несколько государственных грантов в США, в том числе от Министерства обороны. В 2015 году было проведено публичное размещение акций на Nasdaq.

Промышленный экзоскелет *EksoVest* уже проходит испытания на сборочном производстве автомобилей *Ford*.

Медицинские экзоскелеты *EksoGT* успешно прошли сертификацию Министерства здравоохранения США.

ROZUM ROBOTICS (БЕЛОРУССИЯ)

СБЕРБАНК

ЛАБОРАТОРИЯ РОБОТОТЕХНИКИ СБЕРБАНКА. АПРЕЛЬ 2018



Коллaborативный
робот Pulse,
Rozum Robotics

Фото: Rozum Robotics

ТЕХНОЛОГИЯ

Основной продукт компании — коллаборативный робот *PULSE*. Главные преимущества перед конкурентами, прежде всего *Universal Robots* (Дания), — это более высокое соотношение веса (8 кг) и полезной нагрузки (3 кг) и более низкая цена, что достигается за счет использования электроприводов собственной разработки.

Коллаборативные роботы имеют многоцелевое назначение и могут использоваться при различных работах: сварку, сборке, нанесении покрытий, дозировании, обработке и резке, упаковке, пакетировании и др. Дополнительно компания продает свои электроприводы как самостоятельный продукт.

БИЗНЕС-МОДЕЛЬ И ЭКОНОМИКА

Компания существует с 2016 года и разрабатывает продукт за счет собственных средств. На текущий момент компания завершила разработку первой версии и, собрав обратную связь от покупателей по недостаткам, разрабатывает вторую версию, на которую открыт предзаказ. Компания рассчитывает выйти на западный рынок и уже открыла головной офис в США, оставив в Белоруссии центр разработки.

Еще одним преимуществом робота компания называет простоту его настройки: уже разработано мобильное приложение, в котором можно программировать робота, расставляя логические блоки в виде графических элементов, — таким образом, от пользователя не требуется знание языков программирования. В феврале 2018 года прошло тестирование *Rozum Robotics* в лаборатории роботехники Сбербанка.

SKYF (РОССИЯ)

ЛАБОРАТОРИЯ РОБОТОТЕХНИКИ СБЕРБАНКА. АПРЕЛЬ 2018

БПЛА SKYF,
SKYF

Фото: SKYF

ТЕХНОЛОГИЯ

SKYF — беспилотный летательный аппарат вертикального взлета/посадки высокой (до 250 кг) грузоподъемности. Планируется выпуск нескольких моделей для разных задач: авиахимработ, перевозки грузов.

Преимущество перед беспилотниками на электротяге состоит в том, что в SKYF используется двигатель внутреннего сгорания. В основу лег двигатель ВАЗ, но он был существенно доработан инженерами SKYF. Этот двигатель позволяет беспилотнику летать на расстояния около 350 км (при нагрузке 50 кг).

Сейчас идет предсерийное прототипирование грузовой платформы для агросектора. Разработана вторая версия платформы, которая готовится к испытаниям. В течение двух лет ком-

пания рассчитывает провести 200 часов испытаний и довести грузовую платформу до серийного образца.

БИЗНЕС-МОДЕЛЬ И ЭКОНОМИКА

Бизнес-модель компании — это лицензирование ПО платформы и локальной сборки в странах Юго-восточной Азии и Латинской Америки. Рынок, для которого разрабатывается продукт, компания оценивает в \$100 млрд в 2018 году (услуги в сегментах сельского хозяйства, логистики и инфраструктуры).

Продукт высоко оценен российским экспертным сообществом: компания является резидентом Фонда «Сколково», Технополиса «Химград» в Казани, получила признание экспертов рабочей группы «Аэронет» НТИ. Компания получила грант НТИ в размере 244 млн руб.

«ЭКЗОАТЛЕТ» (РОССИЯ)



СБЕРБАНК

ЛАБОРАТОРИЯ РОБОТОТЕХНИКИ СБЕРБАНКА. АПРЕЛЬ 2018

Медицинский
реабилитационный
эксоскелет,
«ЭкзоАтлет».

Фото: «ЭкзоАтлет»

ТЕХНОЛОГИЯ

Компания решает проблему сложной реабилитации после полной или частичной утраты двигательных функций. Решение этой проблемы — эксоскелет.

Каркас эксоскелета с датчиками крепится к ногам пациента. Сзади на раме для спины находятся компьютер с системой управления и аккумуляторы. Заряда аккумуляторов хватает для движения до 8 часов. Эксоскелет весит около 15 кг, однако пациент этого не ощущает, благодаря распределению нагрузки. Эксоскелет обеспечивает автоматическую ходьбу, а скорость и ширина шага настраиваются индивидуально для каждого пациента. За это отвечает специально разработанная адаптивная система управления. На ручках костылей располагаются кнопки управления.

БИЗНЕС-МОДЕЛЬ И ЭКОНОМИКА

Компания разрабатывает продукт с 2013 года. В 2016 году были пройдены клинические испытания и получено регистрационное удостоверение, которое признает эксоскелет медицинским изделием.

Основные покупатели сейчас — это более 30 российских и зарубежных медицинских клиник.

В 2017 году компания получила инвестиции и заключила договор с южнокорейской компанией *Cosmo&Group* для совместной коммерциализации российского эксоскелета в США, Европе, Японии и Китае.

«КИБЕРТЕХ» (РОССИЯ)

ТЕХНОЛОГИЯ

Конструктор, из которого можно создать большое количество комбинаций, и контроллер, который превосходит аналоги. ТРИК может обрабатывать аудио- и видеоданные, синтезировать речь, ориентироваться в пространстве и осуществлять навигацию; управлять сервоприводами и двигателями постоянного тока; получать данные с датчиков; посыпать и принимать информацию по беспроводной связи: есть поддержка WiFi и Bluetooth.

К контроллеру можно подключать разные периферийные устройства: микрофоны, камеры, датчики, двигатели. С ним удобно работать: в нем есть цветной сенсорный экран



СБЕРБАНК
ЛАБОРАТОРИЯ РОБОТОТЕХНИКИ СБЕРБАНКА. АПРЕЛЬ 2018



Роботы-конструкторы
ТРИК, «Кибертех»
в лагере «Сириус»

Фото: КиберTech

и кнопки, которые можно программировать и назначать на них разные действия. Контроллер защищен и может прослужить долго: в нем предусмотрена защита от глубокой разрядки аккумулятора и от перегрузки по току.

БИЗНЕС-МОДЕЛЬ И ЭКОНОМИКА

Главные покупатели — это детские образовательные учреждения в России и за рубежом. Компания уже продает тысячи конструкторов в России и Европе.

Конструктор использовался в образовательном центре «Сириус», созданном по инициативе президента РФ.

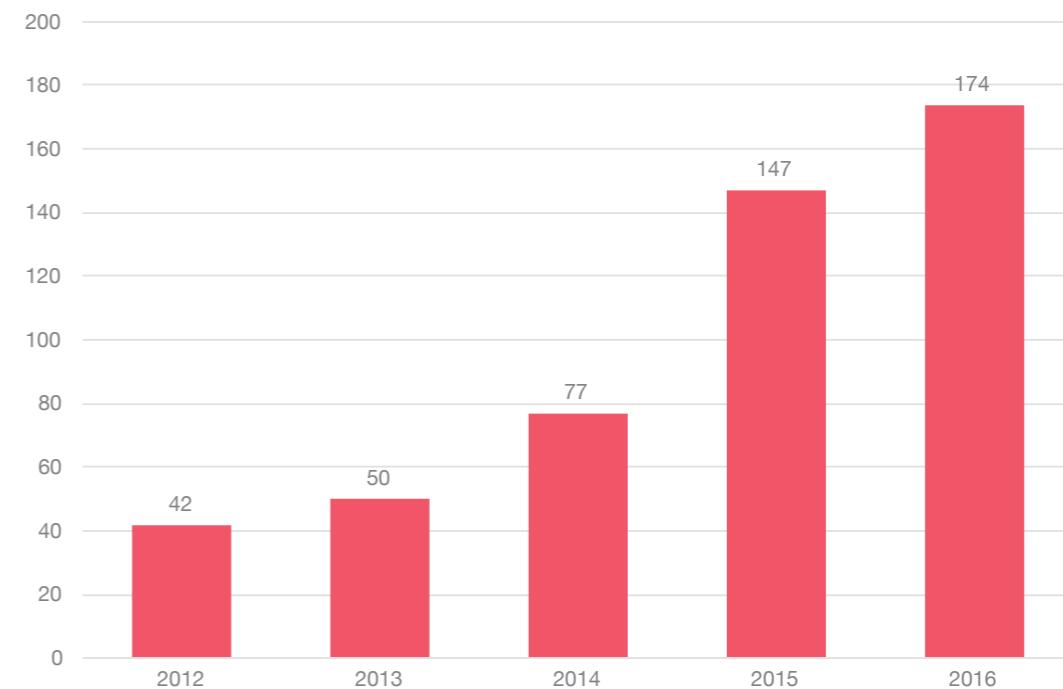
ИНВЕСТИЦИИ В РОБОТОТЕХНИКУ

Интерес к робототехнике поддерживается инвестициями — мы наблюдаем значительный рост числа сделок по финансированию робототехнических стартапов^[19].

Более 120 компаний, получивших инвестиции в 2016 году, разрабатывали робототехнику для профессионального использования — в основном это беспилотный транспорт (наземный и воздушный), логистические системы, медицинская робототехника.

Следующая по численности категория (45 сделок) — робототехника для домашнего использования, в основном роботы-помощники и образовательная робототехника.

РИСУНОК 24. КОЛИЧЕСТВО ИНВЕСТИЦИОННЫХ СДЕЛОК
С РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМИ СТАРТАПАМИ



Данные The Robot Report

Крупнейшие сделки как по слиянию и поглощению, так и инвестиционные происходят с компаниями, которые разрабатывают ПО для беспилотного транспорта, преимущественно наземного. Это свидетельствует о правильном выборе целевых проектов для Лаборатории робототехники Сбербанка: платформа для платежной системы и пассажирского беспилотного транспорта, беспилотный наземный и воздушный грузовой транспорт.

Меньшие по объему, но более частые сделки — с компаниями, которые разрабатывают коллаборативные манипуляторы, роботов для складской логистики и роботов-помощников (персональных ассистентов). Лаборатория робототехники Сбербанка планирует разработку собственных решений в этих сегментах*.

ИНВЕСТИЦИИ В РОБОТОТЕХНИКУ

КОМПАНИЯ	КАТЕГОРИЯ ПРОДУКТА	ИНВЕСТОР	СУММА СДЕЛКИ, МЛН
Mapbox (США)	Беспилотный транспорт (наземный)	Softbank (Япония)	\$164
Nauto (США)	Беспилотный транспорт (наземный)	Softbank (Япония)	\$159
Element AI (Канада)	Беспилотный транспорт (наземный)	Data Collective (США)	\$105
LeddarTech (США)	Беспилотный транспорт (наземный)	Osram (Германия)	\$101
Horizon Robotics (Китай)	Беспилотный транспорт (наземный)	Intel (США)	\$100
TuSimple (Китай)	Беспилотный транспорт (наземный)	Fuhe Capital (Китай)	\$55
Starsky Robotics (США)	Беспилотный транспорт (наземный)	Y-Combinator (США)	\$3,7
Drone Delivery (Канада)	Беспилотный транспорт (воздушный)	Private equity	\$8.1
Elroy Air (США)	Беспилотный транспорт (воздушный)	Levitate Capital (США)	\$4.6
Nautilus (США)	Беспилотный транспорт (воздушный)	Starburst Ventures (Франция)	n/a

* В обзоре приведены не все существующие за 2017 год, а наиболее крупные.

Данные *The Robot Report*

ИНВЕСТИЦИИ В РОБОТОТЕХНИКУ

КОМПАНИЯ	КАТЕГОРИЯ ПРОДУКТА	ИНВЕСТОР	СУММА СДЕЛКИ, МЛН
Beijing Geekplus Technology (Китай)	Логистические системы	Warburg Pincus (США)	\$60
Kindred Systems (Канада)	Логистические системы	First Round Capital (США)	\$27,5
Fetch Robotics (США)	Логистические системы	Sway Ventures (США)	\$25
Locus Robotics (США)	Логистические системы	Scale Venture Partners (США)	\$25
6 River Systems (США)	Логистические системы	Norwest Venture Partners (США)	\$15
Common Sense Robotics (Израиль)	Логистические системы	Aleph VC (Израиль)	n/a
Plenty (Новая Зеландия)	Роботы для сельского хозяйства	Softbank (Япония)	\$200
Auris Medical Robotics (США)	Медицинские роботы (ассистенты для хирургии/терапии)	Coatue Management (США)	\$280

КОМПАНИЯ	КАТЕГОРИЯ ПРОДУКТА	ИНВЕСТОР	СУММА СДЕЛКИ, МЛН
Wuhan Cobot Technology (Китай)	Коллаборативные роботы	Lan Fund (Китай)	\$15
AUBO Robotics (Китай)	Коллаборативные роботы	Fosun RZ Capital (Китай)	\$9
Movo (Китай)	Роботы для домашних задач (ассистенты)	Volkswagen (Германия)	\$180
Roobo (Китай)	Роботы для домашних задач (ассистенты)	Seven Seas Partners (США)	\$53
Intuition Robotics (Израиль)	Роботы для домашних задач (ассистенты)	Toyota Research Institute (США)	\$14
Intuition Robotics (Израиль)	Роботы для домашних задач (ассистенты)	iRobot (США)	\$6
Furhat Robotics (Швеция)	Роботы для домашних задач (ассистенты)	Balderton Capital (Великобритания)	\$2,5
Ubttech (Китай)	Роботы-игрушки/для хобби	Tencent (Китай)	\$400

Данные The Robot Report

СЛИЯНИЯ И ПОГЛОЩЕНИЯ* (M&A) — 2017

Для сделок по поглощению характерно то, что компания, которая поглощает другую, делает это, как правило, «сознательно», то есть учитывает в том или ином виде наработки поглощаемой компании в своей стратегии. Это означает, что такие гиганты, как *Intel*, *Ford* и *John Deere*, признали важность роботизации и делают на нее ставку.

В этом отличие от инвестиций, например, венчурных фондов, для которых вложения в маленькие компании или стартапы — это их бизнес. Тем не менее, мы считаем, что в ближайшее время произойдет рост числа венчурных фондов, которые будут фокусироваться только на отрасли робототехники.

Подавляющее большинство робототехнических стартапов в обзоре* (18 из 35), равно как и венчурных фондов, которые в них инвестируют, находятся в США. На втором месте — Китай (восемь стартапов), на третьем — Израиль (четыре стартапа).



* В обзоре приведены не все существующие сделки за 2017 год, а наиболее крупные.

ИНВЕСТИЦИИ В РОБОТОТЕХНИКУ

КОМПАНИЯ	КАТЕГОРИЯ ПРОДУКТА	НОВЫЙ ВЛАДЕЛЕЦ	СУММА СДЕЛКИ, МЛН
Mobileye (Израиль)	Беспилотный транспорт	Intel (США)	\$15 000
Argo AI (США)	Беспилотный транспорт	Ford (США)	\$1 000
nuTonomy (США)	Беспилотный транспорт	Delphi Automotive (США)	\$450
Auro Robotics (США)	Беспилотный транспорт	RideCell (США)	\$20
Aethon (США)	Логистические системы	ST Engineering (Сингапур)	\$36
Blue River Technology (США)	Роботы для сельского хозяйства	John Deere (США)	\$305
TransEnterix (США)	Медицинские роботы (ассистенты для хирургии/терапии)	Great Belief International (Китай)	\$29
Boston Dynamics (США) и Shaft	Роботы для домашних задач (ассистенты)	Softbank (Япония)	n/a
Neato Robotics (США)	Роботы для домашних задач (пылесосы)	Vorwerk Group (Германия)	n/a

Данные *The Robot Report*

05

РОБОТОТЕХНИКА В РОССИИ

SWOT-АНАЛИЗ	66
ОБЗОР	72
ПРОИЗВОДИТЕЛИ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ	73



Робот FEDOR «Андроидная Техника». Фото: Ruptly

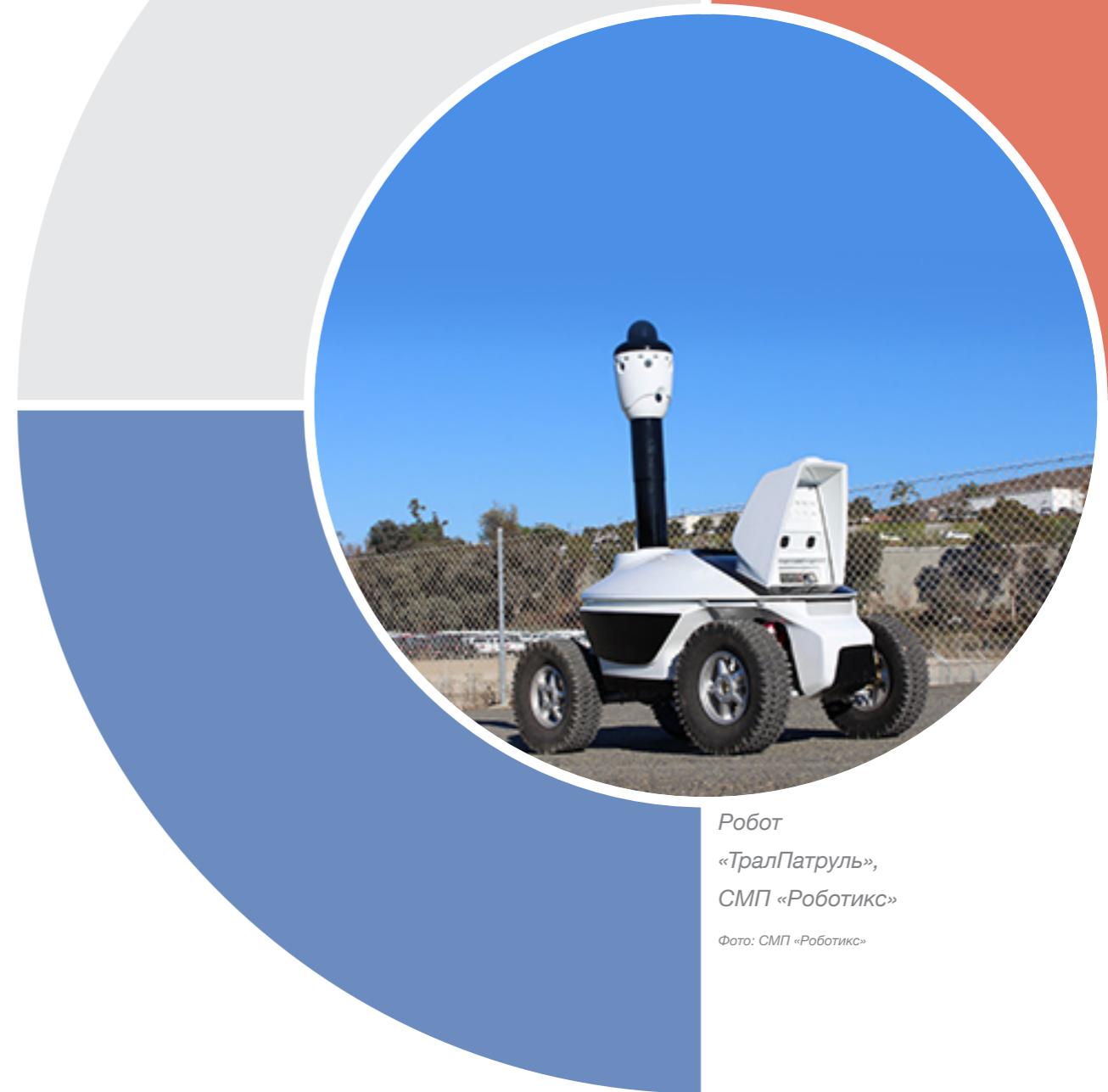
РОБОТОТЕХНИКА В РОССИИ

Мы считаем, что у России есть потенциал для того, чтобы стать значимым игроком рынка сервисной робототехники. По нашим подсчетам, в России активно работают около 80 компаний, ведущих разработки в области робототехники. Некоторые из них уже занимаются успешным экспортом своих продуктов (будут рассмотрены на следующих слайдах).

В промышленной робототехнике у России есть возможность начать «с чистого листа», и у этого сценария есть положительные стороны:

- будут устанавливаться роботы последнего поколения;
- рост с низкого уровня (практически с нуля) может быть динамичнее, чем рост с достигнутого высокого уровня.

Но пока российский рынок промышленной робототехники невелик (менее 10 млрд руб. в 2016 году). Имеется менее 10 отечественных производителей, но даже у них промышленные роботы не основной бизнес, из-за чего они проигрывают зарубежным конкурентам как в качестве самого продукта, так и в удобстве сервиса.



Робот
«ТралПатруль»,
СМП «Роботикс»
Фото: СМП «Роботикс»

SWOT-АНАЛИЗ

СИЛЬНЫЕ СТОРОНЫ

- МНОГО ТАЛАНТЛИВЫХ ИНЖЕНЕРОВ (+800 ЕЖЕГОДНО)
- УМЕНИЕ РЕШАТЬ СЛОЖНЫЕ ЗАДАЧИ
- ПОЗИТИВНОЕ ОТНОШЕНИЕ К РОБОТАМ
- ТЕХНОКРАТИЧЕСКОЕ НАСЕЛЕНИЕ

ВОЗМОЖНОСТИ

- ВЫСОКИЙ РОСТ РЫНКА СЕРВИСНОЙ РОБОТОТЕХНИКИ В МИРЕ
- ГРОМАДНОЕ ВЛИЯНИЕ НА ВВП СТРАНЫ
- БОЛЬШИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ГОСКОРПОРАЦИЙ
- ГРОМАДНАЯ ТЕРРИТОРИЯ И НЕМНОГОЧИСЛЕННОЕ НАСЕЛЕНИЕ
- «SOFTWARE EATS THE WORLD»[©]
- СИЛЬНЫЙ СЕРВИСНЫЙ СЕКТОР

ДАННЫЙ РАЗДЕЛ ПРЕДСТАВЛЯЕТ СОБОЙ ПЕРВУЮ В РОССИИ ПОПЫТКУ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА РЫНКА ОТЕЧЕСТВЕННОЙ РОБОТОТЕХНИКИ В СООТВЕТСТВИИ С КЛАССИЧЕСКОЙ МЕТОДОЛОГИЕЙ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ SWOT ДЛЯ ОЦЕНКИ КРИТИЧЕСКИХ ВНЕШНИХ И ВНУТРЕННИХ ФАКТОРОВ.

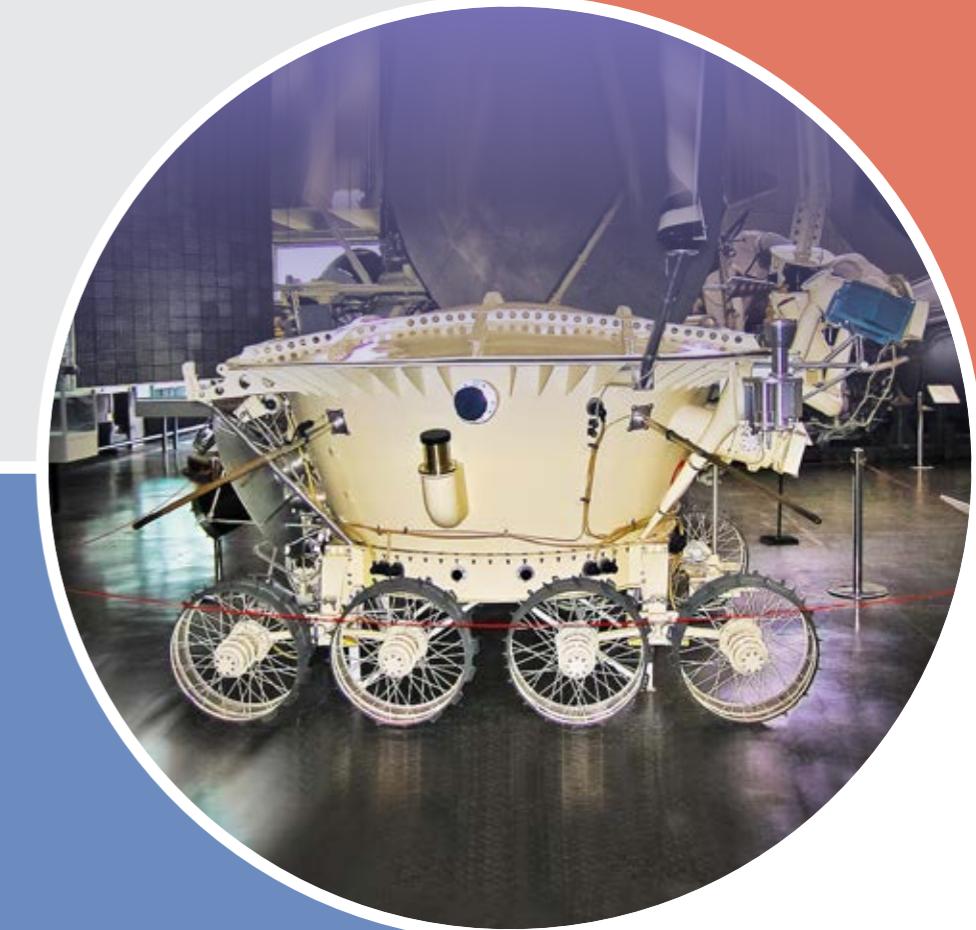


СИЛЬНЫЕ СТОРОНЫ

В нашей стране было и есть (все еще) **много талантливых инженеров**. Нашей сильной стороной является популярность высшего инженерного образования. Ежегодно примерно 800 молодых людей получают дипломы инженеров по специальности «мехатроника и робототехника» в 60 региональных вузах России.

Технократическое население и позитивное отношение к роботам. Население России не просто является технократическим (практически поголовное проникновение смартфонов)^[20], ему также свойственно позитивное отношение к роботам. В культурном коде нашей страны роботы скорее коррелируют с образом Электроника, чем Терминатора.

Умение решать сложные задачи. История нашей страны изобилует примерами решения сложнейших инженерных задач нашими соотечественниками (пионерские работы в области радио, электричества и аэродинамики, ядерная и космическая гонка и др.).



Луноход-2

Фото: Julay Cat

СЛАБЫЕ СТОРОНЫ

К слабым сторонам российской робототехники мы относим ряд факторов, как общих для многих областей инновационного развития, так и специфических для данных отрасли и рынка. Вместе с тем, мы не рассматриваем как слабость низкую готовность российского законодательства к широкому внедрению робототехнических систем, поскольку аналогичным образом обстоят дела во многих странах и данное обстоятельство не уменьшает конкурентных качеств российской робототехники.

Безусловно, количество инженеров не является характеристикой их качества. **Программы вузов, готовящих кадры в области робототехники, сильно устарели.** Особенно это касается прикладного применения новых технологий искусственного интеллекта (нейронные сети глубокого обучения прежде всего), крайне актуальных для робототехники. К сожалению, сильная теоретическая подготовка в российских вузах в области математики и мехатроники не помогает студентам и выпускникам в решении прикладных задач.

Многочисленные победы россиян в простых робототехнических соревнованиях, в основе которых лежит детская *LEGO*-



робототехника, никак не помогают им во время сложнейших международных робототехнических соревнований, таких как *EUROBOT*.

Именно участие в такого рода соревнованиях может быть подлинным объективным индикатором качества до-вузовского и вузовского робототехнического образования. В некоторых вузах России студенты изучают робототехнику на примере школьных технологий типа *LEGO* и *Arduino*. Слабое владение английским языком тоже оказывается на степени адаптации программ обучения к реальному мировому уровню робототехники.

Низкий уровень доверия характеризует все виды взаимодействий внутри нашей страны. Это оказывается и на отрасли робототехники. До сих пор в стране нет единого центра координации развития отрасли гражданской робототехники, который бы пользовался авторитетом у всех участников рынка. При этом практически во всех индустриально развитых странах есть собственные госпрограммы развития робототехники и беспилотных транспортных средств.

Культура технологического предпринимательства все еще очень мало распространена, несмотря на все усилия государства по его развитию. Большинство выпускников вузов, наряду с профессорско-преподавательским составом предпочитает стабильный заработка в госкомпаниях участию в высокорискованными инновационных проектах.

Предпринимателей в России приблизительно 3% от населения^[21]; для сравнения, в США — 14%. В учебных планах вузов практически нет дисциплин, направленных на развитие предпринимательства. Среди населения толерантность к ошибкам мала («Не стоит с ним связываться, он же ошибается»). Вместе с тем высока толерантность к плохому сервису («Вас много, а я одна»).

Низкий уровень командной работы. Традиционная вертикальная иерархия с советских времен.

Слабый дизайн и слабая промышленная эстетика. В инженерном сообществе России пока мало распространено понимание критического значения потребительского дизайна для коммерческого успеха продукта.

Дизайн роботов считается в России чем-то вторичным, что кардинально отличает наше инженерное сообщество от европейских, американских или азиатских робототехников.

Таможенные барьеры для экспорта. Труднодоступны^[22] финансовые ресурсы (дорогие кредиты, сложность получения займов и налоговых льгот). Также существуют административные барьеры (сложность возврата НДС, валютный контроль, несинхронизированная работа ФНС и ФТС).

Миграционная политика России также не способствует технологическому развитию в силу нерыночной доступности дешевых кадров. Проблема старения общества в Японии решается государственными программами развития робототехники и искусственного интеллекта. Проблема недостатка кадров в нашей стране решается миграцией.

Высококвалифицированные специалисты уезжают из страны^[23] (по 50 тыс. человек в год), и приезжают низкоквалифицированные мигранты (140 тыс. человек за первое полугодие 2016 года).

ВОЗМОЖНОСТИ

Высокий рост рынка сервисной робототехники. Как уже было отмечено, именно сервисная робототехника будет главным драйвером развития всей отрасли робототехники, ведь именно она будет создавать новые возможности и рабочие места. IFR оценивает этот рынок не менее чем в \$31 млрд к 2020 году^[4]. При этом робототехника оказывает необычайно высокое влияние на экономику: по данным исследований, влияние грядущей тотальной роботизации на производительность труда сравнимо с влиянием парового двигателя на первую промышленную революцию. Те страны, которые овладели технологией раньше, получат существенное конкурентное преимущество.

Сервисная экономика России создает возможности для робототехники. 25% ВВП России — это розничная торговля. Розничная торговля и логистика — в числе основных отраслей применения робототехники. В России доля торговли в ВВП является одной из самых высоких^[24] в мире даже по сравнению с другими странами, ориентированными на сервисную экономику. С точки зрения развития робототехники это может быть преимуществом, так как дает шанс

использовать значительный «домашний» рынок для создания отечественных решений.

Громадная территория и немногочисленное население являются дополнительным преимуществом России на рынке робототехники в силу того, что беспилотный транспорт может быть использован в коммерческих целях чуть раньше, чем в странах с более высокой плотностью населения. Плотность населения в нашей стране — девять человек на квадратный километр. В США — 33, в Китае — 144, в Германии — 232.

«Software eats the world»[®]. Российские программисты одни из лучших в мире^[25]. Дополнительным преимуществом России является возрастающая роль программного обеспечения в робототехнике. Основатель Netscape и венчурный предприниматель Марк Андриссен выразил это словами: «*Software eats the world*», подразумевая под этим то, что многие инженерные вопросы рано или поздно решаются с помощью программного обеспечения. Россия может использовать свое естественное преимущество сильной отрасли для создания конкурентных на мировом рынке роботов.

УГРОЗЫ

Нашей главной угрозой является **дефицит квалифицированных кадров**. Несмотря на то, что постоянно появляются молодые талантливые инженеры, самыми успешными технологическими предпринимателями считаются инженеры старше 40 лет. Однако, именно эта возрастная категория представлена минимально в научных институтах и вузах России^[26].

Для сектора беспилотных логистических систем, разрабатываемых для применения вне помещений, критической угрозой является неготовность и явное сопротивление органов исполнительной власти к изменению законодательства. Кроме явного ограничения использования автономного транспорта, это служит барьером для инвестирования в разработку технологий средств беспилотной доставки товаров.

ОНИ делают быстрее В конкурентной борьбе скорость имеет первоочередное значение. Наш опыт показывает, что за то время, которое инноваторы в России тратят на создание качественной презентации в *Powerpoint*, в Китае успевают сделать прототип. Даже если сама технология разработана



в России (или была разработана в СССР), она не всегда может найти здесь прикладное применение. Это следствие слабой культуры предпринимательства.

К сожалению, **талантливые ученые и инженеры все еще сфокусированы на работе с военно-промышленным комплексом (ВПК)**. Но отношение самого ВПК к гражданским технологиям кардинально отличается в России и за рубежом.

Если российский ВПК самодостаточен и не стремится к коммерциализации технологий, то зарубежные коллеги часто гордятся тем, что их военные рассекреченные^[27] технологии находят мирное применение (яркий пример — военные в США стали рассекречивать технологии ЭВМ в 1970-х годах, что стало одной из причин появления персональных компьютеров; другой пример — Интернет).

Технологическое замещение профессий и видов деятельности приведет к тому, что некоторые профессии могут просто исчезнуть^[28]. С учетом их популярности в России это создает стратегическую угрозу для страны.

ОБЗОР

Лабораторией робототехники Сбербанка был проведен поиск и анализ существующих российских коммерческих робототехнических компаний, в результате которого появился список^[29] из 90 компаний и карта^[30], на которой видно распределение компаний по сегментам.

В обзоре не рассматриваются разработки военных предприятий и учебных заведений, так как у них нет продукта (или планов по его созданию) для коммерческого рынка.

В 2017 году глава Национальной ассоциации участников рынка робототехники (НАУРР) Виталий Недельский оценил^[31] рынок робототехники России в **8,3–9,8 млрд руб.** (промышленной — в 7,5–9 млрд руб., сервисной — в 0,7–0,9 млрд руб.) — это все

роботы, которые продаются на территории страны, в том числе местными представительствами иностранных компаний.

Согласно отчету РВК, рынок промышленной робототехники в 2014 году должен был составить **3 млрд руб.**, а сервисной — **380 млн руб.**^[32] (\$10 млн по курсу того времени 38 руб. за \$1). Таким образом, за период с 2013 по 2016 год оценка рынка выросла в три раза, при этом соотношение сервисной и промышленной робототехники сохранилось.

При этом рынок промышленной робототехники в России представлен в основном зарубежными производителями (мы не рассматриваем в этом обзоре интеграторов — компании, которые занимаются установкой и сервисным обслуживанием роботов).

ПРОИЗВОДИТЕЛИ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ

Наш анализ показывает, что российские производители промышленных роботов не являются заметными игроками на мировом рынке – они экспортят мало роботов или не экспортят вообще.

Это является следствием невысокой конкурентоспособности их продукта – это скорее штучные экземпляры, чем налаженное серийное производство. Причина этого в том, что производство промышленных роботов не является основным бизнесом этих компаний.

Почти все эти компании, сделав собственного промышленного робота для одного или нескольких заказных проектов, добавляют его в свою продуктовую линейку, но в действительности не находят клиентов, так как те, в случае роботизации типовых операций выбирают проверенные решения (например, *Kuka* или *FANUC*). Эти решения за счет экономии на масштабе могут оказаться дешевле, чем заказная разработка.



ПРОИЗВОДИТЕЛИ СЕРВИСНЫХ РОБОТОВ

Из соотношения количества производителей сервисных и промышленных роботов можно сделать два наблюдения:

- 01.** есть тренд на более быстрый рост сервисной робототехники по сравнению с промышленной;
- 02.** у России есть потенциал для того, чтобы занять значительную долю еще не сформировавшегося рынка сервисной робототехники.

Второе наблюдение мы рассмотрели подробнее в разделе 04 на примере трех российских компаний («Экзо-Атлет», «КиберТех Лабс», SKYF), которые занимаются производством сервисной робототехники и успешно ее экспортят.



06

ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ

Обзор подготовлен Лабораторией робототехники Сбербанка и призван кратко познакомить широкий круг читателей с текущим состоянием робототехники в России и мире.

Мы рассчитываем, что любое цитирование информации, представленной в отчете, будет осуществляться со ссылкой на первоисточник. В случае, если первоисточник не указан, правообладателем информации является Сбербанк.

Будем рады любым вопросам и предложениям!

Альберт Ефимов,

руководитель Лаборатории робототехники Сбербанка

Денис Затягов,

руководитель проекта



07 ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

- [1] ISO/TC 299 Robotics — “ISO 8373:2012 Robots and robotic devices — Vocabulary”, 2012
<https://www.iso.org/standard/55890.html>
- [2] International Federation of Robotics — “Industrial Robots — Definition and Types”, 2016
https://ifr.org/img/office/Service_Robots_2016_Chapter_1_2.pdf
- [3] European Union Chamber of Commerce in China — “CHINA MANUFACTURING 2025”, 2017
http://docs.dpaq.de/12007-european_chamber_cm2025-en.pdf
- [4] International Federation of Robotics — “World Robotics 2017 Industrial Robots & Service Robots”, 2017

- [5] The Robot Report — “Global map”, 2017
<https://www.therobotreport.com/map/>
- [6] ISO/TC 299 Robotics — “ISO/TS 15066:2016 Robots and robotic devices — Collaborative robots”, 2016
<https://www.iso.org/standard/62996.html>
- [7] ISO/TC 299 Robotics — “ISO 10218-1:2011(en)Robots and robotic devices — Safety requirements for industrial robots — Part 1: Robots”, 2011
<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:10218:-1:ed-2:v1:en>
- [8] ISO/TC 299 Robotics — “ISO 10218-1:2011(en)Robots and robotic devices — Safety requirements for industrial robots —

- Part 2: Robot systems and integration”, 2011
<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:10218:-2:ed-1:v1:en>
- [9] Roboteconomics — “The facts about Co-Bot Robot sales”, Barclays Equity Research — “The rise of co-bots: Sizing the market”, 2016
<https://robotonomics.com/2016/01/11/the-facts-about-co-bot-robot-sales/>
- [10] MarketsandMarkets Research — “Collaborative Robots Market”, 2017
<https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/collaborative-robot-market-194541294.html>
- [11] Fanuc — “Showcases new field system iot technology”, 2016
<https://www.fanucamerica.com/home/news-resources/fanuc-america-press-releases/2016/09/12/fanuc-showcases-new-field-system-iot-technology-with-zdt-monitoring-software-at-imts-2016>
- [12] McKinsey — “Delivering change. The transformation of commercial transport by 2025”, 2016
https://www.mckinsey.de/files/mck_delivering_change.pdf
- [13] The World Bank — ”World Development Indicators: Structure of output”, 2016
<http://wdi.worldbank.org/table/4.2>
- [14] Financial Times — ”Meet the cobots: humans and robots together on the factory floor”, 2016
<https://www.ft.com/content/6d5d609e-02e2-11e6-af1d-c47326021344>
- [15] AWS Greengrass, 2018
<https://aws.amazon.com/greengrass/?hp=tile&so-exp=below>
- [16] ISO/TC 299 Robotics — “ISO 8373:2012 Robots and robotic [16] Abagy Robotic Systems”, 2018
<http://www.abagy.com/>
- [17] International Data Corporation — ”Top 10 Predictions for Worldwide Robotics for 2017 and Beyond”, 2016
<https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prAP42000116>

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ
ИСТОЧНИКИ

- [18] U.S. Department of Health & Human Services — “World’s older population grows dramatically”, 2016
<https://www.nih.gov/news-events/news-releases/worlds-older-population-grows-dramatically>
- [19] CBInsight — “The Robotics Ecosystem: Startup Funding By Category Broken Down In One Infographic”, 2017
<https://www.cbinsights.com/research/robotics-deals-consumer-enterprise-medical/>
- [20] Newzoo — “Top 50 countries by smartphone users and penetration”, 2017
<https://newzoo.com/insights/rankings/top-50-countries-by-smartphone-penetration-and-users/>
- [21] Forbes — «Нескромное обаяние России: почему в стране так мало бизнесменов», 2015
<http://www.forbes.ru/mneniya/tsennosti/317817-neskromnoe-obayanie-rossii-pochemu-v-strane-tak-malo-biznesmenov>
- [22] IndexBox Marjetting & Consulting — «Какие барьеры мешают

- наращиванию российского несырьевого экспорта», 2016
<http://www.indexbox.ru/news/kakiye-baryery-meshayut-narashchivaniyu-rossiyskogo-nesyryevoego-eksporta/>
- [23] Кравченко Л.И. — «Влияние современной миграционной политики на развитие России», 2017
<http://rusrand.ru/docconf/vliyanie-sovremennoy-migracionnoy-politiki-na-razvitiye-rossii>
- [24] «Эксперт Online» — «Мы ничего не производим», 2012
<http://expert.ru/expert/2012/47/myi-nichego-ne-proizvodim/>
- [25] HackerRank — “Which Country Would Win in the Programming Olympics?”, 2016
<http://blog.hackerrank.com/which-country-would-win-in-the-programming-olympics/>
- [26] «Троицкий вариант — Наука» — «Сравните два потока: туда и обратно», 2017
<https://trv-science.ru/2017/10/24/sravnite-dva-potoka-tuda-i-obratno/>

- [27] Фонд «Сколково» — «Квалифицированный заказчик: собирательный образ», 2018
<http://sk.ru/news/b/press/archive/2018/01/17/kvalificirovanny-zakazchik-sobiratelnyy-obraz.aspx>
- [28] Oxford Martin school — “The Future of Employment: How susceptible are jobs to computerisation?”, 2013
<https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/publications/view/1314>
- [29] Лаборатория робототехники Сбербанка — Список российских коммерческих робототехнических компаний, 2017
<https://drive.google.com/open?id=1oYMcjmeZPAmsfi-YgoKeNz8EZt7uaPZd>
- [30] Лаборатория робототехники Сбербанка — Карта российской коммерческой робототехники, 2017
https://drive.google.com/open?id=19hg4ZUIGpTeJyiSmeeCs_0dJlmkFarF2
- [31] Хайтек — «В робототехнике Россия отстает от развитых стран на 7–10 лет», 2017
<https://hightech.fm/2017/03/21/robots>
- [32] Российская венчурная компания — «Экспертно-аналитический отчет «Потенциал российских инноваций на рынке систем автоматизации и робототехники», 2014
https://www.rvc.ru/upload/iblock/859/Otchet_robot_291014.pdf
- [33] Wavestone — “The rise of intelligent voice assistants”, 2017
<https://www.wavestone.com/app/uploads/2017/09/Assistants-vocaux-ang-02-.pdf>
- [34] Robotics And Automation News — “Top 14 industrial robot companies and how many robots they have around the world”, 2015
<https://roboticsandautomationnews.com/2015/07/21/top-8-industrial-robot-companies-and-how-many-robots-they-have-around-the-world/812/>
- [35] Tractica — “Customer Service Robots”, 2017
<https://www.tractica.com/research/#robotics>

- [36] ETRISE — “GreyOrange raises \$30 million for global expansion”, 2015
<https://economictimes.indiatimes.com/small-biz/startups/greyorange-raises-30-million-for-global-expansion/articleshow/48430346.cms?intenttarget=no>
- [37] Global Market Insights — “Exoskeleton Market Size”, 2017
<https://www.gminsights.com/industry-analysis/exoskeleton-market>
- [38] Фонд »Сколково« — „ЭкзоАтлет“ получил премию „Сделано в России“, 2017
<http://sk.ru/news/b/articles/archive/2017/11/23/ekzoatlet-poluchil-premyu-sdelano-v-rossii.aspx>
- [39] Фонд «Сколково» — „ЭкзоАтлет“: со своими роботами в Японию», 2017
<http://sk.ru/news/b/articles/archive/2017/11/27/ekzoatlet-vyходит-na-rynek-yaponii.aspx>
- [40] Московский фонд посевных инвестиций — „ЭкзоАтлет“ привлек 116,8 млн рублей», 2017

- <http://mosinnov.ru/novosti/novosti-fonda/ekzoatlet-privlek-116,8-mln.rub.html>
- [41] ПФМЛ №239 — «Курсы для преподавателей по робототехнике на платформе ТРИК 2017», 2017
<http://www.239.ru/robot/kursy-dlya-prepodavateley-po-robototekhnike-na-platforme-trik-2017>
- [42] International Data Corporation — “Worldwide Spending on Robotics Will Reach \$188 Billion in 2020 Fueled by New Use Cases and Expanding Market Acceptance”, 2017
<https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS42213817>
- [43] Россия сегодня — «BCG: мировой рынок робототехники будет расти быстрее прогнозов», 2017
<https://ria.ru/economy/20170621/1496961351.html>
- [44] RoboTrends — «Роботы в России», 2018
<http://robotrends.ru/robopedia/robofy-v-rossii>

- [45] Venture Outsource — “Robotics startups raise over \$259 million for 2016”, 2016
<https://www.ventureoutsource.com/contract-manufacturing/robotics-startups-raise-over-259-million-for-2016>
- [46] CBInsights — “Robot Planet: Deals To Robotics Startups Proliferate Outside The US”, 2017
<https://www.cbinsights.com/research/robotics-startups-world-map/>
- [47] CBInsights — “Mr. Robot At Home: 50+ Consumer Robot Startups Helping To Clean, Cook, And More”, 2016
<https://www.cbinsights.com/research/robots-consumer-startups-market-map/>
- [48] CBInsights — “Robotics Market Map: 80+ Robot Startups Working In Factories, Homes, And Hospitals”, 2016
<https://www.cbinsights.com/research/robotics-startups-market-map-company-list/>
- [49] Robotics Business Review — “Company”, 2018
<https://www.roboticsbusinessreview.com/manufacturing/pick-place-profit-using-robot-labor-save-money/>
- [50] Robotics Business Review — “The 2017 RBR50 List Names Robotics Industry Leaders, Innovators”, 2017
<https://www.roboticsbusinessreview.com/download/2017-rbr50-list-names-robotics-industry-leaders-innovators/>
- [51] Robohub — ”1,000 Robot Makers!”, 2012
<http://robohub.org/1000-robot-makers/>
- [52] World Economics Forum — “This map shows the countries with the most robots”, 2016
<https://www.weforum.org/agenda/2016/03/this-map-shows-the-countries-with-the-most-robots>
- [53] FiveThirtyEight — “The Shift From Low-Wage Worker to Robot Worker”, 2014
<https://fivethirtyeight.com/features/your-new-fast-food-worker-a-robot/>
- [54] Robotics Business Review — “Pick and Place for Profit: Using Robot Labor to Save Money”, 2017
<https://www.roboticsbusinessreview.com/manufacturing/pick-place-profit-using-robot-labor-save-money/>

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ
ИСТОЧНИКИ

- [55] Index by The Next Web, 2018
<https://index.co/market/robotics/acquisitions>
- [56] The Robot Report — Search Results For: acquisitions, 2018
<https://www.therobotreport.com/?s=acquisitions>
- [57] Cision — “Top Robotics Market by Industrial Robotics, Service Robotics — Global Forecast to 2022”, 2017
<https://www.prnewswire.com/news-releases/top-robotics-market-by-industrial-robotics-service-robotics---global-forecast-to-2022-300405291.html>
- [58] Tech Navio — “Top Vendors in the Personal Domestic Service Robots Market”, 2015
<https://www.technavio.com/blog/top-vendors-personal-domestic-service-robots-market>
- [59] Venture radar — “Top Service Robotics Companies”, 2018
<https://www.ventureradar.com/keyword/Service%20Robotics>
- [60] i3 — robotics deals, 2018
<https://i3connect.com/tag/robotics>

- [61] International Trade Center — “Trade statistics for international business development”, 2018
<https://www.trademap.org>
- [62] CNBC — “China's blueprint to crush the US robotics industry”, 2017
<https://www.cnbc.com/2017/09/06/chinas-blueprint-to-crush-the-us-robotics-industry.html>
- [63] ГОСТ Р 60.1.2.1-2016/ ИСО 10218-1:2011 «Роботы и робототехнические устройства. Требования по безопасности для промышленных роботов. Часть 1. Роботы (с Поправкой)»
<http://docs.cntd.ru/document/1200141084>
- [64] Statista — “Average selling price of smartphones worldwide from 2010 to 2016 (in U.S. dollars)”, 2016
<https://www.statista.com/statistics/510668/mobile-phone-average-selling-price-worldwide/>
- [65] Robotics Industries Association — “Calculating Your ROI for Robotic Automation: Cost vs. Cash Flow”, 2015
https://www.robotics.org/content-detail.cfm/Industrial-Robotics-Industry-Insights/Calculating-Your-ROI-for-Robotic-Automation-Cost-vs-Cash-Flow/content_id/5285
- [66] Shmoop — “Robots vs. Human Labor: The Smackdown”, 2018
<https://www.shmoop.com/finance/jobs-careers-income/robot-labor.html>
- [67] CNBC — “Here's new evidence minimum-wage hikes result in workers being replaced by robots”, 2017
<https://www.cnbc.com/2017/08/16/evidence-minimum-wage-hikes-result-in-workers-being-replaced-by-robots.html>
- [68] Nber working paper series — “People versus machines: the impact of minimum wages on automatable jobs”, 2018
<http://www.nber.org/papers/w23667.pdf>
- [69] Gizmodo — “Robots Are Already Replacing Human Workers at an Alarming Rate”, 2017
<https://gizmodo.com/robots-are-already-replacing-human-workers-at-an-alarming-rate-1793718198>