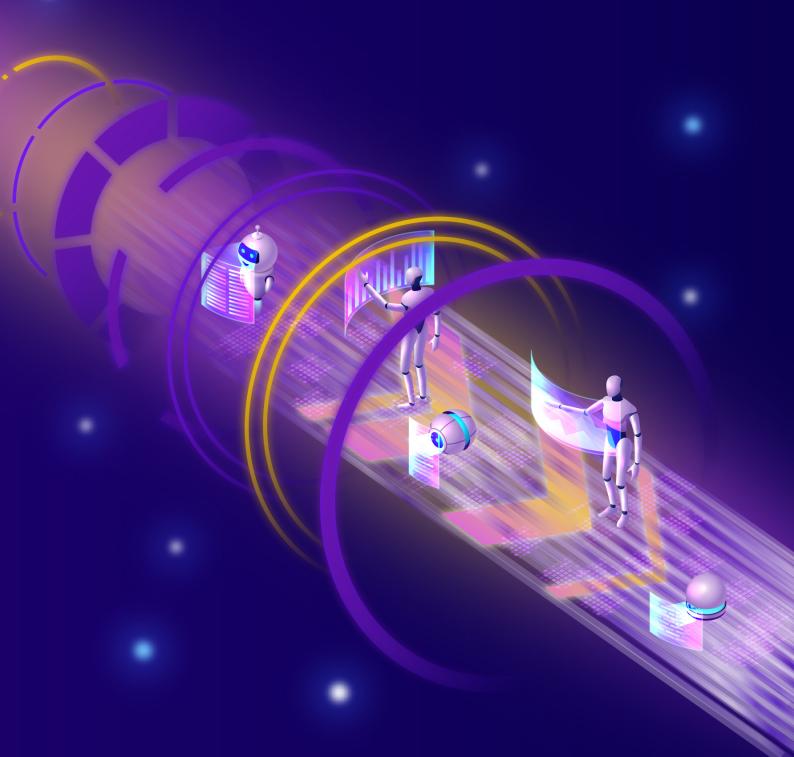




# Перспективные направления применения

# РОБОТЕХНИКИ

в бизнесе



## **ОГЛАВЛЕНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ	4
Промышленность, обрабатывающее производств	o5
Кейс №1: ДС-Роботикс	9
Кейс №2: Top 3D Group	10
Кейс №3: Abagy Robotic Systems	11
Кейс №4: Aripix Robotics	12
Сельское хозяйство	13
Кейс №1: ЦНИИ РТК: Агроботы	15
Кейс №2: ЦНИИ РТК Роботизированные теплицы	16
Кейс №3: ЦНИИ РТК Роботизированные фермы	16
Кейс №4: Lely	17
Кейс №5: Агробот Авроры Роботикс	19
Кейс №6: ГЕОСКАН	20
Кейс №7: Cognitive Technologies	21
Горнодобывающая промышленность	25
Кейс №1: VIST Group	26
Кейс №2: ГЕОСКАН	29
Логистика	31
Кейс №1: Vecna Robotics	33
Кейс №2: Geek+	34
Кейс №3: Fetch Robotics	35
Кейс №4: ЦНИИ РТК	35
Кейс №5: Яндекс Ровер	36
Кейс №6: Сбербанк	36
Кейс №7: Фруктонад Групп	36
Кейс №8: RoboCV	37
Роботы для работы в общественных местах	39
Кейс №1: Promobot	40
Клининг	41
Кейс №1: Vedroid	42
Контроль и обслуживание	43
Кейс №1: ЦНИИ РТК	44
Кейс №2: Диаконт	45
Кейс №3: COEX	46
Кейс №4: Лаборатория Будущего	48

Аварийно-спасательные и охранные систем	1Ы49
Кейс №1: ЦНИИ РТК	50
Кейс №2: Promobot	51
Кейс №3: ГЕОСКАН	51
Кейс №4: СМП Роботикс	52
Строительство и демонтаж	52
Кейс №1: ЦНИИ РТК Контроль строительства	53
Кейс №2: ЦНИИ РТК Демонтаж	53
Кейс №3: ГЕОСКАН	54
Кейс №4: ИНТЕХРОС	54
Экзоскелеты	55
Кейс №1: ЦНИИ РТК Такелажные работы	56
Кейс №2: ЦНИИ РТК Труднодоступные места	57
Кейс №3: Полезные роботы	57
Кейс №4: Андроидная техника	59
Киноиндустрия	60
Кейс №1: Aerial MOB	61
Кейс №2: МОВИКОМ	62
Медицина	63
Кейс №1: Intuitive Surgical, Da Vinci	66
Кейс №2: Xenex, роботы и карантин	66
Кейс №3: Universal Robots	67
Кейс №4: ЦНИИ РТК Робот для рентгена	68
Кейс №5: ЦНИИ РТК Робот-ассистент	68
Кейс №6: Эйдос Медицина	69
Кейс №7: Моторика	69
Кейс №8: ExoAtlet	70
Кейс №9: Робот для медицинского осмотра Promobot	71
Кейс №10: НПО Андроидная техника	72

## **ВВЕДЕНИЕ**

Технологии робототехники зарекомендовали себя во многих сферах человеческой деятельности. Роботы используются на предприятиях для автоматизации производственного процесса, во время чрезвычайных происшествий для оперативной и безопасной помощи.

Применение робототехники связано с оптимизацией процесса - снижением издержек и сроков, а также качественным улучшением результата. Например, применение роботов на автомобильных заводах сокращает производственный цикл, повышает качество продукции, устраняет фактор человеческой ошибки. В зависимости от объема продукции и размера заработной платы, автоматизация производственного процесса с использованием роботов может окупиться в течение 1-3 лет.

Дополнительные средства, освободившиеся после оптимизации производства, могут быть использованы для расширения продуктовой линии, предоставления услуг, выхода на новые рынки.

Все это делает робототехнику инструментом с высоким потенциалом применения. Перспективные направления робототехники в бизнесе сегодня - это промышленность, сельское хозяйство, логистика, медицина и др. Зачастую схожие технологические решения могут применяться в разных отраслях. Например, промышленные манипуляторы и роботы могут использоваться не только в обрабатывающем производстве, но и в логистике, медицине. Дроны могут использоваться в горнодобывающей отрасли, логистике, мониторинге линий электропередач, строительстве. Большое значение имеет адаптация технологий под конкретное нишевое применение.

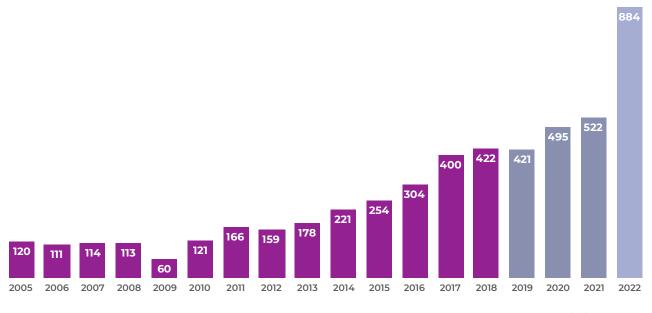
В данном исследовании собраны кейсы реализованных или разрабатываемых робототехнических комплексов (РТК), часть из них взята из открытых источников, а другая – получена по запросу от членов Национальной Ассоциации участников рынка робототехники. Списки зарубежных компаний по каждому из перспективных направлений приведены по материалам статистического сборника WorldRobotics oт International Federation of Robotics.

# Промышленность, обрабатывающее производство

Промышленная робототехника - зрелый рынок, технологии которого исследуются и используются уже более 50 лет. За это время промышленная робототехника зарекомендовала себя как эффективный инструмент снижения эксплуатационных издержек и широко используется в автомобилестроении, электрике и электронике, металлообработке, машиностроении и других отраслях промышленности.

По данным Международной федерации робототехники (International Federation of Robotics, IFR)<sup>1</sup>, объем мирового рынка промышленных роботов в 2018 году составил 422 тыс. ед. или \$16,5 млрд в денежном выражении. Рынок промышленной робототехники вырос на 6% в 2017-2018 гг.

РИС. 1. МИРОВЫЕ ПРОДАЖИ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ И ПРОГНОЗ ИХ РОСТА (ТЫС. ШТ.)



ИСТОЧНИК: IFR

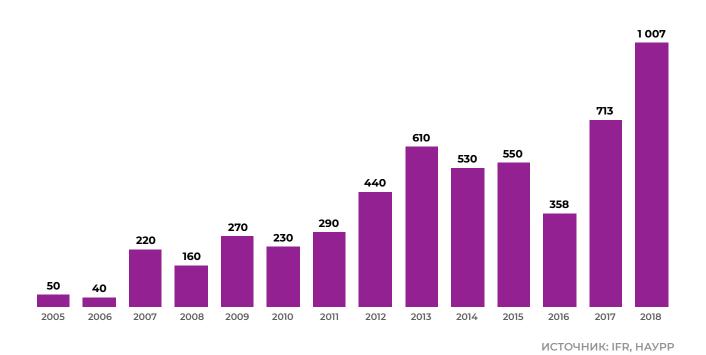
Наиболее востребованным типом роботов являются роботы-манипуляторы. Самые популярные операции для автоматизации - сварка, пайка, резка, погрузочно-разгрузочные операции.

Российский рынок промышленной робототехники в 2018 году вырос на 42% по сравнению с предыдущим годом. На промышленные предприятия в 2018 году было установлено 1007 роботов (в 2017 году - 713 роботов).

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup>Здесь и далее в части мирового рынка робототехники мы опираемся на статистические материалы и исследования World Robotics от Международной федерации робототехники (https://ifr.org/), которые были выпущены в сентябре 2019 года

По числу продаваемых роботов в год Россия заняла 27 место в мире. Объем рынка промышленных роботов в России составил 3 млрд руб. Объем рынка робототехнических решений составил 9,1 млрд руб. К рынку робототехнических решений, помимо роботов, относятся также сопряженное оборудование, программное обеспечение, проектирование, инжиниринг, пусконаладочные работы и т.д. Всего на российских предприятиях в 2019 году использовалось около 5 000 роботов.

РИС. 2. ПРОДАЖИ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ В РОССИИ В 2005-2018 ГГ (ЕД.)



В России промышленные роботы используются мало. Одним из показателей, иллюстрирующих уровень использования промышленных роботов, является плотность роботизации<sup>2</sup>. Плотность роботизации отражает насыщенность рынка и уровень автоматизации промышленности. В России на 2018 год плотность роботизации составила 5 роботов на 10 000 рабочих. В 2017 году уровень роботизации находился на уровне 4 роботов на 10 000 рабочих. Несмотря на положительную динамику, это крайне низкие цифры. Для сравнения, средний показатель по миру в 2018 году составил 99 роботов на 10 000 рабочих. В Китае плотность роботизации находилась на отметке в 140 роботов, в США - 217, в Японии - 327, в Германии - 338. Мировые лидеры - Южная Корея (774 робота на 10 000 рабочих) и Сингапур (831 на 10 000 рабочих).

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Плотность роботизации рассчитывается как количество промышленных роботов на 10 000 рабочих отрасли

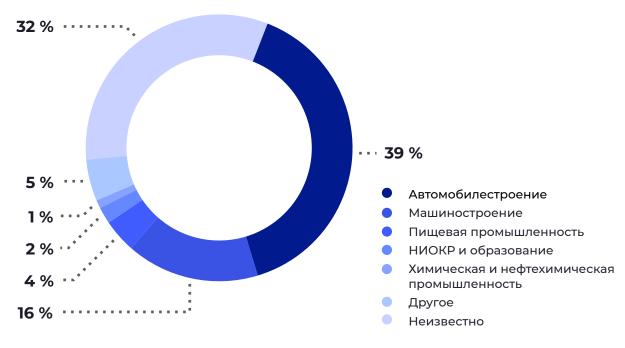
Основные эффекты от внедрения робототехнических комплексов на предприятии:

- сокращение издержек на рабочую силу на производственном участке роботы могут заменить людей при выполнении операций по сварке, пайке, резке, сборке, перемещению;
- сокращение издержек на материалы за счет избавления от человеческого фактора и повышения качества продукции;
- снижение процента брака, улучшение качества конечной продукции;
- увеличение производительности роботы могут работать дольше, чем обычная бригада.

Наиболее роботизированная отрасль промышленности сегодня – **автомоби- лестроение**. Производство автомобилей требует высокой точности и при этом состоит из автоматизируемых операций с высокой степенью алгоритмизации.

Фактически, чем проще производственный процесс разбивается на операции и чем легче эти операции автоматизировать, тем выгодней применение робототехнических решений. Компании-интеграторы, которые отвечают за разработку конкретных решений, зачастую имеют проверенный пул предложений в наиболее востребованных отраслях.

РИС. 3. РЫНОК ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ В РОССИИ В 2018 ГОДУ ПО ОТ-РАСЛЯМ ПРИМЕНЕНИЯ



источник: наурр

Стоить отметить, что на рынке робототехники производство роботов и интеграция их в производственный процесс являются двумя отдельными направлениями бизнеса. Обычно крупные производители роботов сами не устанавливают роботов, это делают их интеграторы, так как каждый производственный процесс уникален и требует отдельной разработки робототехнического решения.

Для расширения спектра применения промышленной робототехники и технологий манипулирования необходимо преодолеть ряд вызовов:

- Снижение стоимости. Стоимость приобретения и установки РТК снижается с каждым десятилетием. Так, в период с 2005 по 2014 год стоимость внедрения робототехники снизилась почти на 30%, а к 2025 году опустится еще на 22%3. В целом роботы становятся более простыми в управлении и программировании, что делает их использование доступным для многих компаний, в особенности для предприятий малого и среднего бизнеса.
- Расширение спектра процессов, где применяются роботы. На данный момент, роботы в основном применяются в производстве массовой продукции, так как перепрограммировать и переналаживать роботов довольно трудозатратно. Использование специализированного программного обеспечения, позволяющего автоматизировать программирование роботов, открывает новые ниши применения промышленной робототехники.
- **Техническое зрение и системы захвата.** На данный момент спектр операций, выполняемых роботами, ограничен однотипными задачами. Захват объектов, различных по форме и весу, является трудновыполнимой задачей, на решение которой в настоящее время направлены усилия ведущих разработчиков.
- **Коллаборация.** Традиционно в целях обеспечения безопасности промышленные роботы функционируют на участках, на которых не задействованы рабочие. Однако оснащение роботов сенсорами позволяет делать использование роботов в одном пространстве с людьми безопасным. Кроме того, коллаборативные роботы могут быть оснащены режимом обучения через запоминание перемещения манипулятора, что упрощает взаимодействие человека и робота, так как не требует дополнительного программирования.

 $<sup>^{\</sup>rm 3}$  How Robots Will Redefine Competitiveness, BCG Perspectives, September 23, 2015

Важными факторами для развития робототехники являются готовность спроса и развитие компаний-интеграторов. Промышленная робототехника развивается не сама по себе, а как ответ на запросы, появляющиеся в индустрии. В связи с этим высока потребность в стимулировании заказчика через информирование о передовых практиках, программы переобучения и льготное финансирование.

# Ведущие производители робототехнических комплексов для промышленности и обрабатывающих производств

**Российские производители:** Aripix Robotics, BID Technologies, Bitrobotics, Hamster Robotics, АвангардПЛАСТ, Андроидная техника, АО «НПО НИИИП-НЗИК», Аркодим Про, Норма ИС, Роботех Системы, Русские роботы, Эйдос-Робототехника.

**Российские интеграторы:** ARM Robotechs, BFG Robotics, DI Robotics, Eurotechprom, FAM-Robotics, HARTUNG, Pro Integration, Ready Robot, Robotikum, Roboweld, Robowizard, Roxor Industry, Top 3D Group, Smitek, Амотек, Авиатех, АМ Инжиниринг, БЕЛФИН, Вебер Комеханикс, Вектор Групп, ДС-Роботикс, ИнКРАФТ, Интеллектуальные Робот Системы (ИРС), НПП Сварка 74, НПП Метра, Технологический центр Тена, Триз-Роботикс, УРТЦ Альфа-Интех, Фруктонад Групп.4

**Зарубежные производители:** ABB, FANUC, Kawasaki, KUKA, YASKAWA, Hanwha Techwin, Omron, Mitsubishi Electronics, Universal Robots

## Кейс №1: ДС-Роботикс

ДС-Роботикс – российский интегратор робототехнических комплексов. Реализовал интеграцию универсального сварочного робототехнического комплекса на завод ROMAX, специализирующийся на производстве силосов хранения, зерноочистительного, транспортного, сопутствующего оборудования, металлоконструкций и комплектующих материалов для зерноочистительных комплексов. Была поставлена задача спроектировать роботизированный сварочный комплекс для сварки широкой номенклатуры габаритных изделий невысокой точности сборки. В качестве решения был установлен комплекс на базе робота ABB IRB 2600ID со сварочным оборудованием ESAB. Для компенсации неточностей и выполнения качественного сварного соединения был применен лазерный датчик Scansonic и написан софт для адаптивной сварки. Запуск в работу данного решения:

<sup>4</sup>C расширенным списком российских интеграторов промышленных роботов вы можете ознакомиться здесь: http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Топ-30\_интеграторов\_промышленных\_роботов\_в\_России

- повысил производительность участка сварки и качество соединений;
- повысил гибкость решения, что позволило достаточно просто (самим, быстро и без вложений) перевести на роботизированную сварку многие изделия сходных габаритов;
- повысил качество и улучшил внешний вид сварочных швов, выполненных роботом, что позволило выиграть в крупных тендерах.

#### Кейс №2: Top 3D Group

Тор 3D Group является представителем и интегратором корейского производителя коллаборативных роботов Hanwha. Роботы были внедрены на обрабатывающем предприятии для автоматизации листогибочного станка с целью увеличения его производительности, обеспечения беспрерывной работы в течение восьмичасовой смены, уменьшения процента брака.

В качестве решения был внедрен коллаборативный робот Hanwha HCR-5 (дальность действия 915 мм, грузоподъемность - 5 кг), который оснастили захватом Gimatik kit UR V. Коллаборативного робота значительно легче установить и настроить. Он не требует наличия систем безопасности для работы с человеком. Робот обладает набором готовых захватных систем и сенсоров на уровне Plug and Play-решений, в связи с чем значительно сокращается время запуска в эксплуатацию, что уменьшает срок окупаемости инвестиций. В результате внедрения:

- увеличена производительность операции на 15% (робот работает в 3 смены без перерыва);
- снижен процент брака;
- срок окупаемости инвестиций внедрения робота в производственный процесс составил 1 год и 3 месяца.

Также компания Top 3D Croup занимается интеграцией традиционных промышленных роботов. Например, компания внедряет роботов на мебельное производство для работы с заготовками из стеклянных листов разных размеров. Перед интегратором стояла задача снизить количество брака, освободить работников от выполнения рутинных операций. Заготовки из листов стекла проходят через один станок по нескольку раз. Процесс загрузки-разгрузки данного станка крайне монотонный, рутинный, но при этом требует ответственного подхода, т.к. заготовки выполнены из стекла. Размеры и производительность станка требуют участия двух человек в работе с ним. У производителя два таких станка, с которыми работают четыре человека.

В качестве решения был использован робот Fanuc м710ic/50 и кастомные вакуумные захваты SMC, адаптированные ко всей номенклатуре заготовок.

Роботизированное решение позволило в два раза уменьшить необходимое пространство при сохранении производительности и значительном снижении процента брака. Кроме того, удалось перевести сотрудников на другие технологические операции.

#### **Кейс №3: Abagy Robotic Systems**

Российская компания Abagy Robotic Systems разработала программное обеспечение, которое автоматизирует процесс программирования промышленных роботов для использования роботов в мелко- и среднесерийном производстве. Программное обеспечение совместимо с оборудованием крупнейших производителей роботов (ABB, FANUC, KUKA и др.), позволяет сокращать издержки на перепрограммирование роботов и значительно расширяет сферы применения промышленной робототехники.

В систему Abagy загружается 3D-модель изделия, оператор выделяет поверхности, которые нужно сварить, или швы, которые нужно окрасить. После уточнения параметров задания через графический интерфейс облачный сервис генерирует программу для робота, и комплекс начинает работу. Программное обеспечение самостоятельно выстраивает траекторию движения роботов и последовательность выполнения операций. Для перепрограммирования под новую задачу робота требуется не несколько дней, а всего несколько минут.

Также Abagy предлагают использовать новые бизнес-модели для рынка промышленной робототехники. Во-первых, бизнес-модель Robotics-as-a-Service (RaaS), когда клиент приобретает не робототехнический комплекс, а время работы оборудования и выполняемую операцию. Например, стоимость сварного шва на комплексе Abagy составляет около 80 рублей за метр, когда стоимость ручного труда достигает 110 рублей за метр шва. Во-вторых, клиент получает возможность приобрести лицензию на использование программного обеспечения в случае, когда ранее был приобретен робототехнический комплекс.

#### **Кейс №4: Aripix Robotics**

Aripix Robotics – отечественный производитель промышленных роботов грузоподъемностью 2 или 10 кг. Роботы могут применяться в обрабатывающем производстве и складской логистике. Робот предназначен для выполнения операций «ріск and place» на заводах и фабриках для замены человека. Наиболее востребованной является работа с обрабатывающими ЧПУ-станками, термопластавтоматами и на различных конвейерах. Робот может быть оснащен любым типом захвата: электромагниты, присоски, механическая клешня. Также возможна установка покрасочной, лазерной или сварочной головок.

Инновационностью и новизной продукта является изменение кинематической схемы робота (цилиндрическая вместо сферической). Одна ось линейная, остальные – вращающиеся. За счет этого увеличена надежность и снижены требования к редукторам и, соответственно, себестоимость, простота настройки и перенастройки робота.

Экономический эффект для предприятий, внедривших решение от Aripix Robotics:

- возможность заменить человека на технологическом этапе;
- увеличение производительности;
- снижение производственных затрат.

## Сельское хозяйство

Роботы для сельского хозяйства набирают популярность в последние годы. Повышенный интерес к этой сфере связан с несколькими факторами, среди которых:

- **повышение уровня доступности технологий:** по мере того, как цена на робототехническое решение становится ниже, все большее количество компаний используют роботов для автоматизации процессов;
- расширение областей применения роботов: за последние годы были разработаны решения для сельского хозяйства (вспашка, сев, мониторинг), животноводства (дойка, чистка помещений), садоводства (сбор фруктов, удобрение, пробы почвы), которые доказали свою эффективность;
- **технологический прорыв развитие беспилотных технологий:** на рынке появились автономные тракторы и комбайны от производителей по всему миру (Россия, США, Нидерланды, Индия, Япония).

Мировой рынок роботов для сельского хозяйства<sup>5</sup> вырос на 30% в 2018 году по сравнению с уровнем прошлого года. Было продано 477 единиц сельскохозяйственных роботов. Объем рынка составил \$2,4 млн. По оценкам экспертов, в 2019 году объем мирового рынка сельскохозяйственных роботов увеличился вдвое по сравнению с уровнем 2018 года. Рост рынка в 2020-2022 гг. оценивается в 50% ежегодно.

Рынок роботов для дойки в 2018 году вырос на 8% по сравнению с прошлогодним результатом, было продано 5,8 тыс. роботов для дойки. В стоимостном выражении объем продаж роботов для дойки увеличился на 36%. По предварительным данным аналитиков IFR, объем рынка вырос на 8% в 2019 году относительно прошлого года. Ожидаемый рост в 2020-2022 гг. также составит около 8%.

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> Согласно международной классификации, рынок роботов для сельского хозяйства (земледелия) оценивается отдельно от рынка роботов для дойки. Рынок роботов для дойки является более состоявшимся и развитым по сравнению с рынком сельскохозяйственных роботов. В то время как рынок роботов для сельского хозяйства набирает объем в течение последних лет, роботы для дойки давно и активно используются фермерами

Роботы для сельского хозяйства помогают, прежде всего, сокращать издержки, связанные с человеческим фактором. Для России актуальность данной сферы применения робототехники обуславливается следующими причинами:

- нехватка рабочей силы: роботы могут заменять трактористов и комбайнеров, заниматься удобрением полей и сбором урожая;
- издержки в связи с недобросовестным выполнением работы: робот не пропустит рабочую смену и не украдет горючее или урожай;
- сложные условия работы: автопилот на комбайне или тракторе уже сегодня может освободить механизатора от вождения и позволить сконцентрироваться на контроле навесного оборудования;
- трудные погодные условия: робот может работать в условиях низкой видимости (туман), в холод и в дождь.

# Ведущие производители робототехнических комплексов для сельского хозяйства

**Компании в России:** Agro Robotic Systems, Avrora Robotics, Агрополис, Cognitive Technologies, Р.СЕРТ, УрФУ, ЮРГИ, ГЕОСКАН, ЦНИИ РТК.

Зарубежные производители: 3D Robotics Inc. (США), Abundant Robotics Inc. (США), AeroVironment, Inc. (США), AGCO Corporation (США), AgEagle LLC (США), Agribotix LLC (США), Autonomous Tractor Corporation (США), Blue River Technology (США), Boumatic Robotics (Нидерланды), Bowery Farming (США), CLAAS Group (Германия), Clearpath Robotics (Канада), CNH Industrial (Великобритания), Dairymaster (Ирландия), Deepfield Robotics (Германия), Deere & Company (США), Delaval International (Швеция), Eagle UAV Services (США), ecoRobotix Ltd. (Швейцария), FarmWise (США), Fullwood Ltd. (Великобритания), GEA Group (Германия), Harvest Automation Inc. (США), Harvest Croo Robotics (США), Honey Comb Corp (США), iFlight Technology Company Limited(DJI) (Китай), Iron Ох (США), Kubota Corporation (Япония), Lely (Нидерланды), Naio Technologies (Франция), Parrot SA (Франция), PrecisionHawk Inc. (США), Robotics Plus (Новая Зеландия), S.A. Christensen Co (SAC) (Дания), Smart AG (США), SZ DJI Technology Co. Ltd. (Китай), Trimble Inc. (США), Yamaha Motor Co. Ltd. (Япония), Yanmar Co. Ltd. (Япония).

#### Кейс №1: ЦНИИ РТК: Агроботы

Решения для сельского хозяйства в России предлагает Государственный научный центр Российской Федерации «Центральный научно-исследовательский и опытно-конструкторский институт робототехники и технической кибернетики» (ГНЦ РФ ЦНИИ РТК).

ЦНИИ РТК разрабатывается<sup>6</sup> агробот с роботизированной сменой навесного оборудования и привязным дроном. Дрон обеспечивает мониторинг и связь для супервизорного управления. Беспилотные тракторы (агроботы) имеют унифицированные интерфейсы, которыми управляет оператор. Оператор удаленно запускает задание на выполнение и контроль процесса при помощи системы технического зрения. Это позволяет автоматизировать процедуру смены навесного оборудования. Обзорная камера размещается на дроне, соединенном кабелем с агроботом. Это позволяет контролировать автоматический процесс обработки поля. Также дрон используется в качестве выносной антенны для передачи видеосигналов на удаленный терминал оператора. Прогнозируемая окупаемость комплекса – 2-3 года.

#### Агробот обеспечивает:

- исключение негативного влияния человеческого фактора;
- возможность круглосуточного использования техники;
- повышение эффективности использования пахотных земель в условиях недостатка сельского населения;
- повышение привлекательности сельскохозяйственного труда.

<sup>&</sup>lt;sup>6</sup> Решение, предложенное ЦНИИ РТК, находится на стадии обсуждения с заказчиком и проработки технической части. Хотя данное решение еще не реализовано, ЦНИИ РТК считает его разработку и внедрение перспективными

## Кейс №2: ЦНИИ РТК Роботизированные теплицы

Роботизированные теплицы обеспечивают<sup>7</sup> управление режимом освещения и климата и автоматизированный сбор урожая. Технологии прецизионного земледелия<sup>8</sup> позволяют детально оценивать развитие урожая. В роботизированной теплице происходит наблюдение за состоянием почв и культур. Процесс полива и удобрения роботизирован, так же как процессы внесения инсектицидов и удаления инфицированных растений. Прогнозируемая окупаемость комплекса - 4-5 лет.

Результат использования роботеплиц – повышение эффективности использования площадей для производства овощных и ягодных культур (зелени) за счет автоматического контроля процесса созревания и сбора урожая заданной степени зрелости.

## Кейс №3: ЦНИИ РТК Роботизированные фермы

В проекте<sup>9</sup> роботизированных ферм ЦНИИ РТК планирует реализовать процесс автоматизированной раздачи кормов, уборки помещений и ухода за скотом, а также постоянный мониторинг состояния скота.

Доставка кормов и биологических добавок по адресу дозируется. Продукты жизнедеятельности и отходы регулярно собираются, что улучшает условия содержания и уход. Роботы регулярно контролируют состояние животных. Окупаемость комплекса – 4-5 лет.

#### Результат использования робоферм:

- · уменьшение себестоимости продукции за счет исключения человека из трудоемких, тяжелых и однообразных процессов;
- уменьшение роли человеческого фактора;
- повышение привлекательности сельскохозяйственного труда.

Аналогичное решение разрабатывается Lely, производителем оборудования для животноводства.

<sup>&</sup>lt;sup>7</sup> Решение, предложенное ЦНИИ РТК, находится на стадии обсуждения с заказчиком и проработки технической части. Хотя данное решение еще не реализовано, ЦНИИ РТК считает его разработку и внедрение перспективными

<sup>&</sup>lt;sup>8</sup> Комплексный подход к выращиванию урожая, который позволяет оптимизировать процесс и улучшать качество продукции за счет постоянного мониторинга состояния почвы и посевов

<sup>&</sup>lt;sup>9</sup> Решение, предложенное ЦНИИ РТК, находится на стадии обсуждения с заказчиком и проработки технической части. Хотя данное решение еще не реализовано, ЦНИИ РТК считает его разработку и внедрение перспективными

#### Кейс №4: Lely

Lely – нидерландская компания, которая предлагает комплексные решения для автоматизации коровников<sup>10</sup>.

Робот для автоматического кормления Lely Vector. Робот-кормораздатчик измеряет высоту корма в конкретной секции, чтобы определить, когда его необходимо пополнить. Каждая группа в составе стада всегда получает корм надлежащего содержания в надлежащем количестве в соответствии с возрастом и фазой лактационного цикла коров. Это способствует значительному увеличению эффективности благодаря экономии времени в сочетании с максимальными преимуществами, связанными со стратегией кормления и возможностью мониторинга надоев.

**Автоматическое пододвигание корма Lely Juno.** Lely Juno — робот, который автоматически передвигается по кормовой аллее. На основании заранее заданных маршрутов он движется вдоль кормового стола, а вращающийся механизм, расположенный в нижней части, подталкивает корм в его направлении. Управляется Juno с помощью приложения для мобильных устройств Lely Control Plus.

Устройство Lely Juno снабжено интеллектуальными программными средствами. Это позволяет ему самостоятельно определять расстояние до кормового стола и осуществлять оптимальное подравнивание корма. Работа системы определяется количеством корма в кормовом проходе и его сопротивлением. Величина сопротивления является основным фактором в схеме подравнивания, осуществляемой устройством Lely Juno.

Lely Juno расходует не более 1 кВт в день. Это значение получено при работе на максимальной мощности и задействовании всех доступных опций. В большинстве случаев расход энергии значительно ниже.

Доильные роботы Astronaut A5. Принцип роботизированного манипулятора зарекомендовал себя в качестве наиболее интеллектуального решения для процесса доения. В течение всего процесса доения он располагается под коровой. Гибридный манипулятор следует за коровой, обеспечивая ей максимум свободы движения в боксе.

<sup>&</sup>lt;sup>10</sup> Официальный сайт Lely: https://www.lely.com/ru

Большой пневматический цилиндр удерживает вес манипулятора, практически не расходуя воздуха, в то время как электрические составляющие точно перемещают манипулятор. Воздух в системе уравновешивает нагрузку манипулятора и гасит удары коровы, защищая электрическую систему.

Поскольку бесшумный гибридный манипулятор работает тихо, животное чувствует себя более расслабленно во время доения. Доение стало проще благодаря точному и быстрому креплению стаканов к вымени.

У коров ускоряется молокоотдача, доение происходит быстрее и надои возрастают. Проведенные Lely исследования показывают, что в роботах Astronaut с системой I-flow время доения сокращается на 4 % по сравнению с предыдущими моделями.

Робот для уборки навоза Lely Discovery. Коллектор Discovery 120 перемещается по запрограммированному маршруту через амбар и контролируется на своем пути встроенными датчиками. Робот пылесосит навоз на твердых дорожках. Машина может распылять воду спереди и сзади для разбавления и очистки. Встроенный вакуумный насос всасывает навоз внутрь, и как только бак заполнен, Discovery едет к месту сброса. Здесь робот-уборщик опорожняет бак и наполняет водой мешки, прежде чем вернуться на зарядную станцию. Роботы используются в нескольких европейских странах, а также в США.





ИСТОЧНИК: LELY

Lely Control работает по беспроводному соединению Bluetooth, позволяя управлять устройством Discovery со смартфона на дальнем расстоянии.

В 2018 проект Lely Discovery был отмечен как одно из лучших достижений робототехники и был удостоен премии в рамках 14th International IERA Award for Robotics and Automation<sup>11</sup>.

### Кейс №5: Агробот Авроры Роботикс

Аврора Роботикс<sup>12</sup> – рязанский стартап в области робототехники и беспилотного транспорта. Разрабатывает системы управления беспилотного транспорта.

Один из проектов Авроры Роботикс – агробот для выполнения таких функций, как обработка земли, кошение травы, полив, посадка культур с применением дополнительного оборудования, обработка культур с применением дополнительного оборудования, транспортировка грузов и урожая.



РИС. 5. ПРОЕКТ АГРОБОТ ОТ АВРОРА РОБОТИКС

ИСТОЧНИК: АВРОРА РОБОТИКС

<sup>&</sup>lt;sup>™</sup> The International IERA Award has three new winners - [элекронный ресурс] - URL: https://www.electronicspecifier.com/industries/robotics/the-international-iera-award-has-three-new-winners

<sup>12</sup> Официальный сайт компании Аврора Роботикс https://avrora-robotics.com/ru/

Система управления, лежащая в основе Агробота, может быть установлена практически на любую спецтехнику или трактор. При этом на все органы управления монтируются специальные приводы, которыми управляет центральный компьютер. Вся электроника, антенны, датчики и вспомогательное оборудование Агробота смонтированы и размещены на стеклопластиковом корпусе, который устанавливается вместо привычной кабины на новую или существующую основу трактора.

Данная возможность позволяет значительно снизить стоимость внедрения при уже существующем парке техники. Такое решение широко применимо для автоматизации работ в сельскохозяйственной и коммунальной сферах и для выполнения таких работ, как предпосевная обработка почвы, посев, посадка различных культур, уход за посевами, междурядная обработка культур и садов, уборка территории, транспортные работы.

Расчетный период окупаемости инвестиций для применения беспилотных тракторов для агрохозяйства составляет 3 года.

#### Кейс №6: ГЕОСКАН

Российская компания ГЕОСКАН<sup>13</sup> разрабатывает многофункциональные беспилотные летательные аппараты. Компания предлагает несколько пакетов услуг по специализированной аэрофотосъемке для сельского хозяйства. Съемка выполняется с беспилотного летательного аппарата (БПЛА) Геоскан 201 одновременно двумя фотокамерами в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах. Полученные данные обрабатываются с помощью Agisoft Metashape Pro и ГИС Спутник.

Обследование и инвентаризация с помощью БПЛА позволяет выявить:

- несовпадения заявленных и фактических границ поля;
- участки пашни, не обрабатываемые из-за эрозии;
- участки пашни с угнетенной растительностью;
- признаки разрастания овражно-балочной сети;
- засорённость полей сорняком;
- ход процесса уборки.

<sup>&</sup>lt;sup>13</sup> Официальный сайт компании ГЕОСКАН: https://www.geoscan.aero/ru/services/agriculture

С помощью технологий Геоскан также можно осуществлять фитосанитарный контроль: работа БПЛА позволяет прогнозировать эпидемиологическую обстановку и проводить профилактическую обработку мест размножения вредителей, сорняков, грызунов, растительных болезней.

GEOSCAN 1нвентаризация Проектирование Применение и сопровождение ОБЛАЧНЫЕ РЕШЕНИЯ **ИСКУССТВЕННЫЕ** еренцированная агротехнических НЕЙРОННЫЕ СЕТИ обработка мероприятий Создание карт NDVI Профилактическая обработка и сопровождение систем биопрепаратами точного земледелия Фитосанитарный контроль

РИС 6. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ГЕОСКАН

ИСТОЧНИК: ГЕОСКАН

### **Кейс №7: Cognitive Technologies**

Cognitive Technologies - ведущий мировой разработчик искусственного интеллекта (ИИ) для наземного транспорта. Среди клиентов компании глобальные автопроизводители из Германии, Китая, Южной Кореи, США и др.

Для решения задач умного сельского хозяйства компания разработала систему автономного управления сельхозтранспортом Cognitive Agro Pilot на базе ИИ. Решение может быть установлено на различную сельскохозяйственную технику (тракторы, опрыскиватели, комбайны и др). Cognitive Agro Pilot - первое в мире решение для беспилотной сельхозтехники, в основе которого лежат технологии компьютерного зрения и глубокого обучения нейронных сетей.

Основными функциями системы являются:

- управление движением по кромке;

- управление движением по рядку;
- управление движением по валку;
- выполнение U-образного разворота после проезда границы убираемой культуры или обработанного участка (в том числе с возможным пропуском захватки или валков);
- объезд стационарных препятствий;
- остановка при угрозе столкновения с другой техникой или людьми.

РИС. 7. БЕСПИЛОТНЫЙ КОМБАЙН С СИСТЕМОЙ COGNITIVE AGRO PILOT УБИРАЕТ УРОЖАЙ ПШЕНИЦЫ В ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ



ИСТОЧНИК: COGNITIVE TECHNOLOGIES

Cognitive Agro Pilot обнаруживает и отслеживает направление кромки скошенной культуры или кромку обработанной земли, валков, рядков культур (кукуруза, подсолнечник), обнаруживает зону окончания поля, препятствия, технику и людей. На основании анализа положения и динамики встречных объектов строится траектория движения и формируется набор управляющих команд.

В отличие от зарубежных аналогов Cognitive Agro Pilot не использует в основе управления системы спутниковой навигации и дорогостоящие датчики - лазерные сканеры для движения вдоль кромки поля или стереокамеры для работы по валку. Набор сенсоров составляет всего лишь одну видеокамеру. Такой подход

позволяет снизить стоимость решения многократно по сравнению с зарубежными конкурентами.

Система «видит» все, что происходит на поле, а также реализует функции безопасности путем остановки перед препятствием (у систем навигации такая функция отсутствует). А за счет продвинутой системы искусственного интеллекта Cognitive Agro Pilot позволяет достичь лучших результатов, чем у зарубежных конкурентов, использующих более дорогие аппаратные решения.

Комплекс Cognitive Agro Pilot является переносимым (систему можно переставлять с одной техники другую).

По данным аналитиков, внедрение Cognitive Agro Pilot позволяет до двух раз сократить потери зерна при уборке.

Cognitive Agro Pilot используется зарубежными компаниями из Бразилии, Китая, США. Система также апробирована и внедрена в крупнейших отечественных агрохозяйствах в Томской, Курганской, Белгородской, Ростовской областях, республике Татарстан. Система работает в различных погодных условиях и времени дня. Решение успешно зарекомендовало себя в регионах с суровым климатом.

РИС. 8. COGNITIVE AGRO PILOT РАБОТАЕТ В ЛЮБОЕ ВРЕМЯ СУТОК



ИСТОЧНИК: COGNITIVE TECHNOLOGIES

Влиятельное, профессиональное американское издание AVT Magazine присудило компании Cognitive Technologies награду AVT ACES Award за 2019 год за создание лучшей в мире технологии беспилотного управления сельхозтехникой.

## Горнодобывающая промышленность

Роботы для горнодобывающей промышленности выполняют широкий спектр операций: это роботизированные системы бурения, автономные самосвалы и грузовики, роботы для картирования и исследования местности.

International Federation of Robotics не обладает детальными данными о продажах или объеме рынка роботов для горнодобывающей промышленности. Тем не менее, по данным MarketWatch, в 2021-2023 гг. рынок роботов для горнодобывающей промышленности будет расти на 27% в год<sup>14</sup>.

В рамках отдельных исследований предпринимались попытки оценить экономическую выгоду от внедрения роботизированной техники на горнодобывающих производствах. Результаты напрямую зависят от того, какие издержки помогает сократить использование роботов. Так, потребление топлива снижается на 10%, затраты на обслуживание техники – на 14%, на рабочую силу – на 5-10%, а жизненный цикл тяжелой техники увеличивается на 12% 15.

# Ведущие производители робототехнических комплексов для горнодобывающей промышленности

**В России** разработкой роботизированных решений для горнодобывающей промышленности занимается компания VIST Mining Technologies (VIST Group). Дроны Геоскан используются для поиска залегания полезных ископаемых, а также для мониторинга хода добычи.

Зарубежные компании: Argo (Канада), Autonomous Solutions (США), Caterpillar (США), Kairos Autonomi (США), MacDonald, Dettwiler and Associates (Канада), Nabors (Норвегия), NREC (США), Soil Machine Dynamics (Великобритания).

<sup>&</sup>lt;sup>14</sup> Market Watch: Robotics Market in Mining Industry Market - [элекронный ресурс] - URL: https://www.marketwatch.com/press-release/robotics-market-in-mining-industry-market-2019-global-industry-trends-share-size-growth-insight-developing-technologies-share-competitive-regional-and-global-industry-forecast-to-2023-2019-12-04

<sup>&</sup>lt;sup>15</sup> Parreira, J.; Meech, J.: Autonomous Haulage Systems – Justification and Opportunity. Autonomous and Intelligent Systems, Lecture Notes in Computer Science, vol. 6752, 2011, pp. 63-72

#### Кейс №1: VIST Group

Интеллектуальный карьер (ИК) – это комплекс управления открытыми горными работами с использованием роботизированных погрузчиков и технологий интернета вещей, которые позволяют осуществлять мониторинг и анализ производимых работ.

ИК позволяет исключить нахождение человека на горных работах, оптимизировать эксплуатацию техники и осуществлять добычу на опасных участках горных работ. ИК обеспечивает выполнение операций без участия человека. Техника управляется оператором из удаленного рабочего места.

Роботизированные погрузочно-доставочные комплексы включают в себя:

- бортовое оборудование для управления узлами самосвала и погрузочной техники;
- инфраструктуру обеспечения безопасности и ограничения доступа;
- систему передачи данных и контроля работы техники;
- удаленный центр управления с сервером управления и рабочими местами удаленного управления.

Диспетчер и система

Модуль управления роботами

Система

Операторы

Стационарное оборудование

Автономный парк

РИС. 9. СТРУКТУРНАЯ СХЕМА РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА

ИСТОЧНИК: VIST GROUP

#### Роботизированная система состоит из функциональных компонентов:

- центр управления, включающий в себя рабочие места операторов дистанционного управления и диспетчера автономных единиц техники;
- серверное оборудование и программное обеспечение автономного управления;
- оборудование высокоточной навигации, включающее в себя станцию дифференциальной поправки и навигационные приемники, входящие в комплект бортового оборудования автосамосвалов и вспомогательной техники;
- беспроводная система передачи данных и система внешнего видеонаблюдения за основными зонами на маршруте и возможными местами нахождения автоматизированной техники;
- комплекты бортового оборудования, смонтированные на мобильных объектах и обеспечивающие автономное и дистанционное управление, контроль параметров машины и оборудования, видеонаблюдение и высокоточное определение местоположения;
- оборудование по обеспечению безопасности, состоящее из ограждения с предупреждающими/информирующими табличками, шлагбаумов, устройств дистанционной остановки автоматизированных автосамосвалов и системы предотвращения столкновений и аварийной остановки.

# Бортовое оборудование роботизированных комплексов включает в себя следующие компоненты:

- бортовой программно-аппаратный комплекс автономного и дистанционного управления, в котором заложена логика управления техникой и оборудование для воздействия на основные узлы управления автосамосвалом (рулевое управление, тормозная система, управление тяговым электроприводом, управление двигателем, управление опрокидывающим механизмом и управление освещением, световой и звуковой сигнализацией);
- бортовое оборудование высокоточной навигации, позволяющее определять не только координаты, но и ориентацию техники в пространстве;
- · систему предотвращения столкновений, включающую в себя радары и лидары, обеспечивающие обзор 360 градусов;
- бортовое оборудование видеонаблюдения, позволяющее водителю удаленно контролировать работу техники и управлять техникой в дистанционном режиме;
- систему аварийной остановки и сигнализации;
- бортовое оборудование беспроводной передачи данных.

РИС. 10. СХЕМА БОРТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ АВТОНОМНОГО САМОСВАЛА



ИСТОЧНИК: VIST GROUP

Доступ и перемещение транспорта и персонала на участке ограничены для обеспечения безопасности. Роботизированная техника сканирует окружение на предмет наличия людей, препятствий и предотвращения столкновений. Обеспечен автоматический мониторинг состояния узлов и оборудования техники, а также автоматическая остановка и оповещение удаленного оператора при возникновении нештатных ситуаций. У всех сотрудников, въезжающих на роботизированный участок, есть индивидуальная кнопка экстренной остановки.

По оценке специалистов VIST Group, использование роботизированных систем позволяет повысить эффективность и безопасность за счет следующих факторов:

• увеличения производительности самосвалов и буровых станков, работающих в автономном режиме, на 10-15% благодаря отсутствию пересменок, простоев на обед, личные нужды операторов;

- увеличения коэффициента технической готовности (КТГ) на 5-7% благодаря корректной эксплуатации техники в соответствии с требованиями заводаизготовителя и исключения человеческого фактора;
- сокращения затрат на персонал и строительство инфраструктуры при разработке удаленных месторождений;
- возможности отработки опасных участков и прибортовых запасов без нахождения человека для повышения безопасности и оптимизации вскрышных работ;
- при проектировании новых месторождений возможно изменение параметров углов откоса на некоторых участках.

По оценке VIST Group, срок окупаемости системы составляет 2-3 года.

#### Кейс №2: ГЕОСКАН

Российская компания ГЕОСКАН разрабатывает многофункциональные беспилотные летательные аппараты. Применение услуг ГЕОСКАН в горном деле позволяет получить<sup>16</sup>:

- · точные, актуальные геометрические данные о поверхности карьера, разреза, рудника;
- цифровую модель поверхности с сантиметровым пространственным разрешением;
- контроль за полнотой выемки, определение объемов добычи, учет объемов вскрышных работ, определение потерь, составление планов развития горных работ, мониторинг устойчивого, безопасного состояния бортов и отвалов.

При добыче полезных ископаемых открытым способом, наличие точных и актуальных геометрических данных о поверхности карьера, разреза или рудника является важнейшим условием для успешного решения многих задач. Цифровые модели поверхности, получаемые с помощью технологий БПЛА, намного подробнее моделей, построенных по наземным съемкам. Поэтому именно технологии воздушных съемок могут помочь провести оценку воздействия на окружающую среду, управлять имуществом и оборудованием.

<sup>&</sup>lt;sup>16</sup> Официальный сайт компании ГЕОСКАН: https://www.geoscan.aero/ru/application/mining

Достоверность и полнота получаемой информации позволит снизить риски при эксплуатации и обеспечить поддержку принятия технологических и управленческих решений. Возможность передачи данных в реальном времени обеспечивает визуальный контроль даже удаленных объектов на всех этапах работ.

Смежная сфера применения технологий ГЕОСКАН – разведка месторождений. Поиск и разведка полезных ископаемых – задача, решаемая с помощью комплекса геофизических методов, основным из которых является магниторазведка. Чаще всего исследования начинаются с проведения магнитной съемки<sup>17</sup>. Поиск оказывается возможным благодаря тому, что в рудах в качестве примесей часто содержатся ферромагнитные минералы или же они сами обладают повышенной магнитной восприимчивостью.

До недавнего времени для выполнения аэромагнитных работ в труднодоступных районах приходилось использовать вертолетную технику, что значительно повышало стоимость геофизических исследований. Теперь появилась доступная альтернатива – аэромагнитная съемка с квадрокоптера. Этот метод подходит для самых отдаленных и непроходимых участков местности, незаменим при сильном перепаде высот или заболоченности. Кроме того, при беспилотной съемке исключается риск для здоровья оператора.

Чтобы воспользоваться преимуществами магниторазведки с БПЛА, специалисты ГЕОСКАН сконструировали компактный и высокоточный квантовый магнитометр. В качестве носителя выступает Геоскан 401 – квадрокоптер промышленного класса, способный выполнять полеты по заданному маршруту<sup>18</sup>.

В комплект включен ноутбук с предустановленным программным обеспечением Geoscan Planner. Программа позволяет выполнять предполетную подготовку, выбирать предпочтительные параметры съемки, производить запуск и выбирать точку посадки. Во время выполнения полетного задания, оператору предоставляется телеметрия и информация о состоянии воздушного судна.

<sup>&</sup>lt;sup>17</sup> Официальный сайт компании ГЕОСКАН: https://www.geoscan.aero/ru/application/exploration

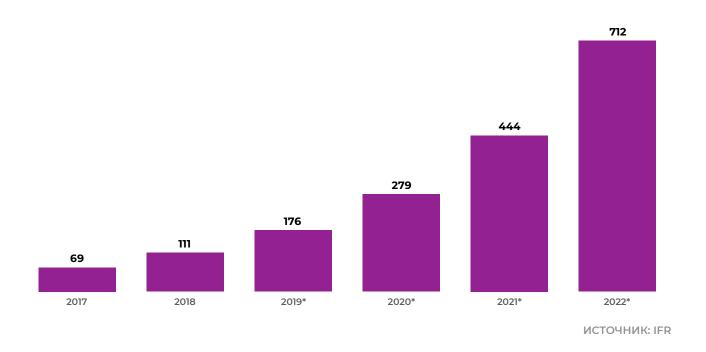
<sup>18</sup> Официальный сайт компании ГЕОСКАН: https://www.geoscan.aero/ru/products/geoscan401

## **Логистика**

Логистика – один из самых развивающихся сегментов сервисной робототехники. В 2018 году в мире было продано 111 000 логистических систем, что на 60% больше, чем в 2017 году (69 000). Логистические системы составили в 2018 году 40% от объема продаж на рынке профессиональной сервисной робототехники. Из проданных в 2018 году 111 000 единиц логистических роботов около 7 700 автономных управляемых транспортных средств (automated guided vehicle, AGV) использовались на производстве и почти 103 000 – в непроизводственных условиях.

По оценке IFR, фактические продажи логистических роботов превышают официальную статистику, так как не все производители роботов сообщают данные о продажах. Рынок логистических систем в 2018 году оценивался почти в \$3,7 млрд, что на 53% больше, чем годом ранее.

РИС. 11. МИРОВОЙ РЫНОК ЛОГИСТИЧЕСКИХ РОБОТОВ В 2017-2022 ГГ. (ТЫС. ШТ.)



#### В логистический сегмент входят:

- AGV для производственных задач;
- AGV для непроизводственных задач (например, для работы на складах);
- роботы для наружной логистики (доставка грузов).

Наибольшее применение получили логистические роботы для складских помещений. На складах существует высокая потребность в оптимизации пространства и сокращении времени обработки заказа. Уровень технологического развития позволяет исключить человека из складского пространства.

Для управления складскими роботами требуется роевой интеллект (swarm intelligence), который управляет коллективным движением мобильных платформ. Один из ключевых вопросов – организация навигации внутри складского помещения. Для этого используются магнитные ленты, QR-коды, RFID-метки и др. Груз может перемещаться подъемным или тяговым способом.

Одним из самых ярких примеров применения складской робототехники является Amazon, где используются роботы Kiva. КПД этих роботов невелик, поскольку роботы перемещают большие и тяжелые стеллажи, доставляя их к человеку. Человек достает со стеллажа необходимые предметы, формирует заказ, а робот возвращает стеллаж на склад. Роботы перемещают большие объекты, когда требуется лишь малая их часть. Поэтому необходимы системы для определения предметов различной формы и их захвата для перемещения.

В логистической робототехнике получила свое новое применение бизнес-модель Robotics-as-a-Service (RaaS, «роботы как услуга»). Под этой бизнес-моделью подразумевается, что заказчику не нужны сами роботы, ему нужно выполнение определенных задач. Содержание и обслуживание роботов может иметь дополнительные издержки, необходимы специалисты, которые умеют работать с данным оборудованием. В модели RaaS оплата идет не за робота, а за время работы системы и выполнение конкретных функций. Эту модель описывают аналитики The Robot Report<sup>19</sup>. Роботы, взятые в аренду, дают возможность не нанимать сезонных рабочих. Аренда роботов также может быть сезонной. Помимо этого, роботы гибче в управлении и синхронизации, хотя и уступают в спектре выполняемых операций обычным рабочим.

Согласно исследованию PwC<sup>20</sup>, в Центральной и Восточной Европе в пятилетней перспективе роботизация складов окажет сильный эффект на трансформацию транспортно-логистической отрасли. В России эти технологии только начинают развиваться.

<sup>&</sup>lt;sup>19</sup> The Robot Report: Companies buy services rather than robots through RaaS, say Robotics Summit panelists - [электронный источник] - URL: https://www.therobotreport.com/companies-buy-services-rather-than-robots-through-raas-say-robotics-summit-panelists/

<sup>&</sup>lt;sup>20</sup> PwC: Обзор тенденций развития транспорта и логистики в 2019 году - [электронный ресурс] - URL: https://www.pwc.ru/ru/transportation-logistics/assets/obzor-tendentsiy-razvitiya-transporta-i-logistiki-v-2019.pdf

# Ведущие производители робототехнических комплексов в сфере логистики

**В России** роботизацией логистики занимаются Яндекс<sup>21</sup>, Киберсклад<sup>22</sup>, Ронави Роботикс, RoboCV, Сбербанк, НПП Метра и другие.

Зарубежные производители: 6 River Systems (США), Amazon Robotics (США), American In Motion (США), ASTI (Испания), BA SYSTEMES (Франция), Balyo (Франция), Bastian Solutions (США), Casun (Китай), CMC Machinery (Италия), Comau (Италия), CtrlWorks (Сингапур), DJProducts (США), Doog (Япония), DS Automation (Австрия), E&K Automation GmbH (Германия), Effistore (Франция), Geek+ (Китай), Götting (Германия), Grenzebach (Германия), Hanwha (Южная Корея), JBT (США), JD (Китай), Jungheinrich (Германия), Linde AG (Германия), MABI (Швейцария), Milvus Robotics (Турция), MIR Mobile Industrial Robots Aps (Дания), Neobotix (Германия), KUKA (Германия), Осеапеетіпд (США), ОМRОN (Япония), ОРРЕNТ (Италия), psb intralogistics (Германия), Robotnik (Испания), Savant Automation (США), Scott (США), Servus Robotics (Австрия), Sesto (Сингапур), ST Engineering (Сингапур), Talus Robotics (Португалия), TetraStack (ЮАР), VECNA Technologies (США), Ward Systems (США), Waypoint Robotics (США).

#### **Кейс №1: Vecna Robotics**

Один из самых известных в мире производителей складских роботов - Vecna Robotics (США). В 2017 году Vecna Robotics выиграла конкурс инноваций DHL & Dell Robotics за разработку Tote Retrieval System (TRS) – AGV, способного перемещаться по складу и собирать детали с обычных полок<sup>23</sup>. Разработанная система решает вопрос захвата изделий и избавляет от необходимости использовать сотрудников, чтобы достать отдельный предмет с полки.

В линейку продуктов Vecna Robotics для автоматизированной обработки материалов входят конвейер RC20, конвейер RC500, подъемник RL350, тележка с поддонами RL3600, буксирный крюк RT4500 и система поиска Tote (TRS)<sup>24</sup>.

<sup>&</sup>lt;sup>21</sup> Блог Яндекса - [официальный сайт] - URL: https://yandex.ru/blog/company/yandeks-rover-robot-dostavschik.

<sup>&</sup>lt;sup>22</sup> Киберсклад - [официальный сайт] - URL: http://www.roboticstore.ru/

<sup>&</sup>lt;sup>23</sup> Vecna Tote Retrieval System Wins Mobile Picking Robot Challenge - [электронный источник] - URL: https://www.roboticsbusinessreview.com/news/vecna-tote-retrieval-system-picking/

<sup>24</sup> https://www.robotics.org/company-profile-detail.cfm?company=1386&tab=1#copro, https://www.roboticsbusinessreview.com/wp-content/uploads/2018/05/RBRi\_10Robots\_Final2.pdf



ИСТОЧНИК: ROBOTIC INDUSTRIES ASSOCIATION

RL3600 решает проблему поиска медленно продаваемых предметов, хранящихся далеко друг от друга на складе.

В дополнение к линейке оборудования Vecna Robotics компания также разработала программное обеспечение на базе технологий искусственного интеллекта, предназначенное для интеграции систем управления складом, робототехники и человеческих ресурсов<sup>25</sup>. Оборудование можно приобрести или взять в аренду по модели RaaS.

#### Кейс №2: Geek+

Крупнейшим в мире поставщиком логистической робототехники является китайская компания Geek+. Основанная в 2015 году, компания Geek+ обслуживает такие отрасли, как электронная коммерция, производство одежды, розничная торговля, фармацевтика и др.

<sup>&</sup>lt;sup>25</sup> NASA: Autonomous Robots Take On Dangerous Warehouse Jobs - [электронный ресурс] - URL: https://spinoff.nasa.gov/ Spinoff2018/ps\_4.html

Xconomy: Vecna Reorganizes, Pushes Logistics Robots in Hot Market - [электронный ресурс] - URL: https://xconomy.com/boston/2017/04/03/vecna-reorganizes-pushes-logistics-robots-in-hot-market/?

Впервые компания продемонстрировала своих роботов в США на Modex 2018 и привлекла \$150 млн в рамках финансирования серии С1 в июле 2019 года. Уже в 2018 году было продано более 7 000 логистических роботов Geek+.

В сентябре Geek+ запустили умную фабрику в Нанкине (Китай), где роботы используются для производства роботов. Крупные ритейлеры, такие как Nike, внедряют роботов<sup>26</sup>, чтобы удовлетворить растущий спрос и трансформировать свои логистические операции.

#### Кейс №3: Fetch Robotics

Fetch Robotics — основанная в 2014 году американская компания по производству роботов, способных перемещать товары на складах и заводах. Устройства используют лазерную систему и камеры для навигации по помещениям. Линейка роботов состоит из мобильных платформ и платформ с манипулятором, которыми управляет облачная платформа.

В число клиентов Fetch входят Universal Logistics, DHL Supply Chain и Ryder System. В 2019 году роботы компании использовались на сотне логистических и производственных предприятий, а также в 11 распределительных центрах в США. Fetch является одним из лидеров применения бизнес-модели RaaS.

#### Кейс №4: ЦНИИ РТК

ЦНИИ РТК считает перспективным разработку робототехнического комплекса для сортировки продукции на складе и подготовки товара к отгрузке с автоматическим формированием баз данных по размещению товаров. Планирование погрузочно-разгрузочных работ позволяет осуществлять динамическую оптимизацию размещения товаров при формировании партий отгружаемых товаров. Окупаемость комплекса: 1-2 года.

Результатом использования будет повышение эффективности логистических операций за счет уменьшения роли человеческого фактора, сокращение сроков погрузочно-разгрузочных операций за счет оптимизации размещения товаров и промежуточной сортировки при подготовке партий к отправке.

<sup>&</sup>lt;sup>26</sup> Robotics Business Review: Geek+ Launches Smart Factory Where Robots Make Other Robots - [электронный ресурс] - URL: https://www.roboticsbusinessreview.com/regional/geek-launches-smart-factory-where-robots-make-other-robots/

#### Кейс №5: Яндекс Ровер

В 2019 году Яндекс представил своего робо-курьера Ровер. Робот перемещается по тротуарам для транспортировки небольших грузов. Он самостоятельно строит маршрут и объезжает препятствия. Разработка и использование логистических роботов вне помещений значительно сложнее, так как среда менее предсказуема, а инфраструктура, например, тротуары, могут представлять серьезные препятствия. Тем не менее, по оценкам экспертов, развитие данного сегмента логистической робототехники должно решить проблему доставки на последней миле.

Аналогичная разработка есть у эстонской фирмы Starship Technologies.

## Кейс №6: Сбербанк

Лаборатория робототехники Сбербанка ведет разработки в области роботизации логистических процессов. Например, была разработана мобильная платформа для перемещения документации по офису. Робот-курьер может перевозить объекты грузоподъемностью до 15 килограмм. Планируется предоставление данных роботов по модели RaaS.

Также Сбербанк проводил тестирование доставки наличности с помощью дронов.

#### Кейс №7: Фруктонад Групп

Помимо применения мобильных платформ и дронов, в логистике находят применение и традиционные промышленные роботы. Например, компания-интегратор Фруктонад Групп считает перспективным проект по внедрению робототехнического комплекса для «смешанной паллетизации товара».

Компания Фруктонад Групп предлагает два способа реализации смешанного паллетайзинга: «разобрали паллету по коробкам, положили на склад, собрали паллету согласно заказу» и «взяли сразу с собранной паллеты товар и положили на отгрузочную паллету».

Более прогрессивным способом является второй – размещение паллет вдоль трека робота. Как это работает: робот перемещается по треку и согласно схеме укладки снимает и паллетизирует товары слой за слоем или поштучно. Здесь отсутствует лишняя операция – предварительная депаллетизация (и буферное хранение). И, как следствие, снижается требование к размеру площадей склада, а стоимость комплекса значительно снижается. Этот способ по мнению компании Фруктонад Групп является экономически интересным, технически верным и перспективным.

# РИС.13. CXEMA СМЕШАННОЙ ПАЛЛЕТИЗАЦИИ ТОВАРА С ПОМОЩЬЮ РОБОТА



ИСТОЧНИК: ФРУКТОНАД

Планируемый срок окупаемости проекта по роботизации склада ритейла составит от 3-х лет.

#### Кейс №8: RoboCV

RoboCV разрабатывает интеллектуальные системы автопилотирования для складской и производственной техники:

- **Робот-тягач** автономный роботизированный тягач для автоматизации повторяющихся перемещений грузов. Роботы-тягачи RoboCV наиболее эффективны на производственных предприятиях в процессах доставки комплектующих к сборочной линии и перемещении готовой продукции на склад.
- **Робот-штабелер** беспилотный паллетоперевозчик с технологиями коллаборативного поведения. Роботы-штабелёры RoboCV разработаны специально для эффективной эксплуатации на складах среди грузов, людей и плотного трафика другой техники. Роботы этого типа адаптированы для работы в самых сложных условиях складов 3PL-операторов и FMCG.

#### Решение RoboCV включает в себя:

- группировку роботов;
- сервер (интеграция с IT-системой, распределение задач, сбор данных для аналитики);
- интерфейсы управления для запуска задач и мониторинга.

# RoboCV автоматизирует следующие логистические операции на складах и производствах:

- обработку входящих паллет (приемка) и исходящих паллет (отгрузка);
- перемещение паллеты с конвейера / на конвейер;
- установку и снятие паллет на стеллажах;
- кросс-докинг;
- перемещение тележек;
- подбор заказа (пикинг).

#### Эффективность робототехнических систем RovoCV достигается за счет:

- самостоятельного вычисления оптимальной траектории по дорогам (поэтому нет необходимости создавать специальные «маршруты» для его движения);
- автоматического объезда возможных препятствий на пути робота в режиме реального времени;
- маневрирования при взаимодействии с другим транспортом, умения уступать право проезда на перекрестках, при объезде препятствий и в узких проездах;
- отслеживания положения и задачи всех роботов сервером, корректного выставления приоритетов для каждого из них;
- умения захватывать даже те паллеты, которые по каким-то причинам стоят неправильно (сдвинуты или повернуты): перед началом захвата паллеты робот сканирует ее точное положение и корректирует траекторию;
- умения сканировать штрих-код на грузе и запрашивать у сервера информацию о том, куда необходимо этот груз перевезти;
- сертификации и соответствия международным стандартам безопасности для людей и имущества.

# Роботы для работы в общественных местах

Роботы для работы в общественных местах являются одним из наиболее развивающихся сегментов сервисной робототехники для профессионального использования. К таким роботам относятся роботы телеприсутствия, роботы-консьержи, роботы-полицейские, роботы-официанты, роботы-консультанты.

Сектор роботов для работы в общественных местах составил 4% от продаж всех профессиональных сервисных роботов в 2018 году. Было продано на 16% больше роботов, чем в 2017 году (11 000 единиц), объем рынка вырос на треть (28%) и составил \$158 млн. Однако не все производители сервисных роботов данной категории передают данные о своих продажах в Международную федерацию робототехники, в связи с чем официальная статистика продаж в данном сегменте может быть занижена.

#### Ведущие производители робототехнических комплексов в сфере оказания услуг в общественных местах

**В России** роботов для общественных мест разрабатывает ряд компаний, в числе которых Alfa Robotics, Promobot, R.Bot, WayBot, НПО «Андроидная техника», Нейроботикс.

Зарубежные компании: Canbot (Китай), UBTech (Китай), Alkadur (Германия), botsandus (Великобритания), Corebell System (Южная Корея), Engineering Services (Канада), F&P Personal Robotics (Швейцария), Keenon Robotics (Китай), LG Electronics (Южная Корея), Macco (Испания), MFG Automation (США), Miso Robotics (США), Mojin Robotics (Германия), Moley (Великобритания), Mrobot (Китай), Muratec (Япония), Pazzi by Ekim (Франция), Robotise (Германия), Sanbot (Китай), Savioke (США), Suzhou Pangolin Robot (Китай), Zume (США), Anybots (США), Ava Robotics (США), Awabot (Франция), Axyn Robotique (Франция), Bender Robotics (Чешская Республика), BlueBotics SA (Швейцария), Bossa Nova Robotics (США), botsandus (Великобритания), Camanio Care (Швеция), Corebell System (Южная Корея), СТ-Asia Robotics (Таиланд), Cutii (Франция), Double Robotics (США), Engineering Services (Канада), Fellow Robots (США), Follow Inspiration (Португалия), Future Robot (Южная Корея), GBLRobotics (Эстония), Hanool Robotics (Южная Корея), Hease Robotics (Франция), HIT Robot Group (США), IdMind (Португалия), iXs Research Corporation (Япония), Jinn-Bot Robotics & Design (Швейцария), Keenon Robotics (Китай), MantaroBot Corporation (США), MetraLabs (Германия), Mojin Robotics (Германия),

Odm technologies (Франция), Padbot (Китай), Revolve Robotics (США), Robo3 (Южная Корея), Sanbot (Китай), Shandong Chuangze (Китай), Suitable Technologies (США), Suzhou Pangolin Robot (Китай), Temi (Израиль), WYCA (Франция).

#### Кейс №1: Promobot

Робот Promobot может использоваться в гостинице в качестве помощника при заселении. Регистрация гостя занимает 1-2 минуты. При выселении достаточно просто сдать роботу карту. Робот заменяет 2 администраторов ресепшн, тем самым экономит на оплате труда. Робот также снимает такие минусы в работе сотрудников-людей, как усталость, плохое настроение или самочувствие.

#### Робот выполняет следующие функции:

- общается с гостями на 10 языках;
- проверяет наличие бронирования, принимает оплату проживания банковской картой, выдает ключ-карту при заселении;
- интегрируется с различными PMS системами;
- сканирует паспорт и распознает данные в нем, сверяет личность человека с фото в паспорте, проверяет подлинность документа;
- помогает в навигации по гостинице;
- предлагает дополнительные услуги за отдельную плату: завтрак, питание в номер, экскурсии, SPA, тренажерный зал;
- собирает отзывы об отеле в формате аудио и видео сообщений.

Срок окупаемости одного робота-администратора отеля стоимостью от 2,1 млн рублей составляет примерно 1,8 года.

Аналогичные решения Promobot предлагает и в других сервисных нишах: «Promobot - Сотрудник аэропорта», «Promobot - Сотрудник ТЦ», «Promobot - Сотрудник банка» и др.

# Клининг

К роботам для профессиональной уборки относятся роботы для уборки территорий, мытья полов, промышленной мойки стекол. К роботам для уборки также относятся роботы для очистки резервуаров и трубопроводов. Продажи роботов для профессиональной уборки увеличились в 2018 году на 25% с 6 200 единиц до 7 700 единиц по сравнению с уровнем предыдущего года. Несмотря на то, что роботы для уборки уже широко распространены в быту, в профессиональной среде они менее популярны. По данным IFR, объем рынка профессиональных уборочных роботов в 2018 году составил \$113 млн.

Роботы для профессиональной уборки отличаются от достаточно популярных в последние годы персональных роботов-уборщиков. Стоимость роботов для уборки выше, чем у роботов для дома, их жизненный цикл дольше.

В экономическом и трудовом плане промышленный клининг - одна из наиболее динамичных областей корпоративных услуг. Только в Европе более 171 560 подрядчиков по уборке в 2014 году имели 3,39 млн работников. В том же году оборот составил 73,9 млрд евро. Ежегодно этот сектор в Европе растет более чем на 9,3%. Экономический потенциал роботов для профессиональной уборки достаточно высок, однако клининговые компании предпочитают человеческую рабочую силу, а предприятия обычно решают вопрос уборки через аутсорсинг.

Однако в последнее время в этой области робототехники были запущены новые продукты, которые могут быть успешны в сегменте профессионального клининга. Так, роботы для уборки стали главным событием выставки ISSA/ INTERCLEAN в Амстердаме в 2018 году.

#### Ведущие производители робототехнических комплексов в сфере клининга

Зарубежные компании: Adlatus Robotics (Германия), Alfred Kärcher (Германия), Autonomous Solutions (США), Avidbots (Канада), BHARATI ROBOTIC SYSTEMS (India), Brain Corp (США), Cleanfix (Швейцария), Cyberdyne (Япония), Cyberworks (Канада), Discovery Robotics (США), Diversey (США), Fybots (Франция), JanYu Technologies (India), LG Electronics (Южная Корея), Muratec (Япония), Nilfisk-Advance (Denmark), Panasonic Electric Works (Япония), SoftBank Robotics Corp. (Япония), Diversey (formally Taski Intellibot, США), Kärcher, Adlatus (Германия), Cleanfix (Швейцария), Суberdyne (Япония), Discovery Robotics (США), Avidbots (США), Fybots (Франция), LG (Южная Корея), Muratec (Япония).

#### Кейс №1: Vedroid

В России робота VEDROID $^{27}$  для промышленной уборки разработал стартап «Автономные технологии».

VEDROID - автономный робот для мытья и дезинфекции напольных покрытий больших площадей. Скорость работы робота 1500 м2/час.

РИС. 14. POБОТ VEDROID



источник: якутия24

Робот способен без участия человека вымыть до 120 000 м<sup>2</sup> пола. Он может сменить аккумулятор, заправить воду и продолжить работу, пока не закончится программа.

Время работы без подзарядки: 2 часа.

Объем бака чистой воды: 40 литров.

Система рекуперации: уменьшает расход воды в 5 раз.

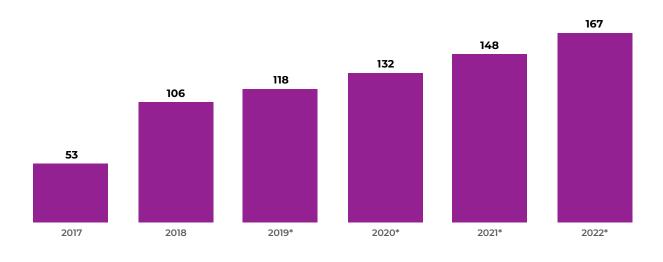
<sup>&</sup>lt;sup>27</sup> Сайт проекта: https://www.vedroid.org/

# Контроль и обслуживание

Роботы для технической инспекции и обслуживания востребованы в промышленности в таких сферах, как прокладка газопровода, горнорудные работы, переработка нефти. К этому виду роботов относят системы контроля и обслуживания заводов и оборудования, роботов для инспекции трубопроводов и баков и др.

Рынок инспекционных роботов составил 39% от общего объема рынка профессиональной сервисной робототехники (в количественном выражении). В 2018 году было продано около 106 000 систем контроля и технического обслуживания (на \$223 млн).

РИС. 15. ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ МИРОВОГО РЫНКА ИНСПЕКЦИОННЫХ РОБОТОВ В 2017-2022 ГГ., ТЫС. ШТ.



ИСТОЧНИК: IFR

Ведущие производители робототехнических комплексов в сфере контроля и обслуживания

**Российские компании:** Гиролаб Инерциальные Системы, Лаборатория Будущего, Диаконт, ИПЦ Кроулер, Taris, Wicron, Интроскан Технолоджи, СПбГУ Дайнэмикс, Газпроект-ДКР, In-Pipe Robot, Promobot, Aviarobots.

Зарубежные производители инспекционных роботов: Aetos (США), Aquam (США), Beijing Guodian NDT (Китай), BladeRanger (Израиль), Empire Unmanned (США), Engineering Services (Канада), GE Inspection Robotics (Швейцария), Inuktun Services (Канада), HiBot (Япония), MacDonald, Dettwiler and Associates (Канада), Q-bot Limited (Великобритания), R&D Drones (Франция), Roboplanet (Франция), SMP Robotics (США), SolarACM (Канада), Tecdron (Франция), ULC Robotics (США), Berkeley Springs Instruments (США), Deep Trekker (Канада), Diakont (США), ECA Group (Франция), Honeybee Robotics (США), Hoyarobot (Южная Корея), IKAP Robotics (Иран), IMS Robotics (Германия), Inspector Systems (Германия), Inuktun Services (Канада), јеttyrobot (Чешская Республика), Pipetel Technologies (США), ProKasro Mechatronik (Германия), RedZone Robotics (США), Riezler (Германия), Roboplanet (Франция), Robosoft Systems (Индия), Schwalm Robotic (Германия), Solex Robotics (США), Technip (Франция), ULC Robotics (США), Wälischmiller Engineering (Германия).

#### Кейс №1: ЦНИИ РТК

ЦНИИ РТК предлагает решение<sup>28</sup> по роботизированному контролю состояния нефтеналивных танков и цистерн в наполненном состоянии. Для этого используется взрывозащищенный малогабаритный телеуправляемый необитаемый подводный аппарат со средствами акустической и магнитной диагностики стенок.

Окупаемость комплекса: 2-3 года.

Результат: Увеличение сроков службы нефтеналивных танков и цистерн, обеспечение своевременного ремонта, снижение вероятности утечек, улучшение экологической ситуации.

<sup>&</sup>lt;sup>28</sup> Решение, предложенное ЦНИИ РТК, находится на стадии обсуждения с заказчиком и проработки технической части. Хотя данное решение еще не реализовано, ЦНИИ РТК считает его разработку и внедрение перспективными

#### Кейс №2: Диаконт

Диаконт разрабатывает роботизированные устройства для внутритрубной диагностики<sup>29</sup>. Роботизированные комплексы обеспечивают обнаружение различных типов дефектов (потеря металла, коррозия, трещиноподобные дефекты и т.д.) в режиме реального времени и позволяют провести ранжирование дефектов по степени их опасности.

Загрузка робота во внутреннюю полость опорожненного трубопровода осуществляется из любого доступного места (люк-лаз, обратный клапан, технологический рез), что позволяет минимизировать затраты на земляные работы, снятие и нанесение изоляционного покрытия, а также исключает риск повреждения и нарушения проектного положения трубопровода в ходе подготовительных и заключительных работ.

Самоходный роботизированный комплекс обеспечивает проведение внутритрубной диагностики таких сложных участков, как:

- вертикальные и наклонные участки;
- конические переходы;
- горизонтальные и вертикальные тройники;
- трубопроводы низкого давления;
- обвязки компрессорных и насосных станций;
- трубопроводы с внутренним гладкостным покрытием;
- трубопроводы с отсутствующей строительной документацией;
- трубопроводы с различными диаметрами и толщиной стенки;
- трубопроводы без специализированных камер пуска/приема.

<sup>&</sup>lt;sup>29</sup> Официальный сайт Диаконт URL: http://www.diakont.ru/energy\_services/robotic\_inline\_inspection.html

РИС. 16. РОБОТ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ТРУБОПРОВОДА «ДИАКОНТ»



ИСТОЧНИК: ДИАКОНТ

Высокотехнологичные методы неразрушающего контроля с применением телеуправляемых диагностических комплексов Группы компаний «Диаконт» позволяют выявить все виды дефектов на трубопроводах диаметром от 200 мм.

## Кейс №3: COEX

ООО «Коптер Экспресс Технологии» (СОЕХ)<sup>30</sup> — российский разработчик и производитель беспилотных авиационных систем мультироторного типа и программного обеспечения для их автономности. Одним из направлений деятельности компании является линейка промышленных автономных дронов «Пеликан» для мониторинга территорий и доставки легковесных грузов. Компания также разработала станцию для автоматической зарядки дронов.

<sup>&</sup>lt;sup>30</sup> Официальный сайт COEX: https://ru.coex.tech/about

Компания Роснефть - крупнейший пользователь БПЛА от СОЕХ. Ежемесячно с помощью дронов осуществляется мониторинг более чем 50 000 км трубопроводов. Роснефть проводит апробацию автономного мониторинга для удаленных и изолированных месторождений с помощью комплекса «Пеликан Автоматика», который не требует присутствия человека в процессе работы. Сам квадрокоптер с четырьмя электромоторами может двигаться практически в любом направлении, вращаться вокруг своей оси и выполнять автоматические миссии. Он может нести дополнительные полезные нагрузки, включая камеры, тепловизор, датчики для измерения различных типов излучения и прочего.

РИС. 17. СТАНЦИЯ АВТОНОМНОЙ ПОДЗАРЯДКИ КВАДРОКОПТЕРОВ COEX ПЕЛИКАН



ИСТОЧНИК: КОПТЕР ЭКСПРЕСС ТЕХНОЛОГИИ

Благодаря БПЛА может осуществляться не только мониторинг нефтепроводов в системе, но и тепловизионный контроль, контроль персонала и техники, работы строительных объектов и даже газовоздушной среды.

## Кейс №4: Лаборатория Будущего

Компания «Лаборатория Будущего» разработала дрон<sup>31</sup> для диагностики и ремонта линий электропередач, который получил название «Канатоход».

Принцип работы «Канатохода»<sup>32</sup> компании «Лаборатория будущего» заключается в том, что дрон взлетает и садится на провода, подзаряжаясь непосредственно от высоковольтных линий. Проходя по данному проводу, он осуществляет полную диагностику состояния линий, в том числе самих проводов, изоляторов, опоры, узлов на трассе, а также техобслуживание и локальный ремонт.

Визуальное программирование комплекса осуществляется с помощью специального программного обеспечения – симулятора. В нем оператор планирует траекторию движения устройства, формирует диагностическую миссию.

Пройденная в симуляторе миссия сохраняется оператором и загружается в бортовой компьютер робототехнического комплекса. «Канатоход» в соответствии с миссией выполняет полетное задание и сохраняет в базу данных результаты диагностики: данные видеосъемки, лазерного, тепловизионного или магнитного сканирования.

<sup>&</sup>lt;sup>31</sup> Официальный сайт проекта "Канатоход" http://cablewalker.com/

<sup>&</sup>lt;sup>32</sup> ТАСС Российский дрон "Канатоход" для ремонта ЛЭП представили на межафриканской выставке в Каире https:// nauka.tass.ru/nauka/5901291

# **Аварийно-спасательные** и охранные системы

К роботам для обеспечения безопасности относятся роботы для борьбы с пожарами и другими катастрофами, роботы для наблюдения и охранные системы. Основным заказчиком роботов для аварийно-спасательных работ является государство.

По данным IFR, с 2001 года аварийно-спасательные роботы были успешно применены при борьбе с последствиями 37 катастроф или чрезвычайных ситуаций. Сегодня роботов для обеспечения безопасности начинает применять не только государство, но и бизнес.

Роботы для безопасности могут иметь антропоморфный облик, как, например, роботы Promobot и робот ARI от компании Pal Robotics, или могут выглядеть как мобильная платформа с антивандальной защитой и камерами.



РИС. 18. РОБОТ-ПОЛИЦЕЙСКИЙ ОТ PAL ROBOTICS В ДУБАЕ

ИСТОЧНИК: NEWSWEEK

Ведущие производители робототехнических комплексов в сфере аварийно-спасательных работ и охраны

**Компании в России:** Системсервис и ГК «Константа», ГЕОСКАН, ЕМЕRCOM, Центр инновационных горных технологий, НПО «Андроидная техника», СМП Роботикс, Сервосила, Рокад, Сет-1, Promobot.

Зарубежные производители противопожарных роботов: Argo (Канада), Boston Dynamics (США), DOK-ING (Хорватия), Groupe Intra (Франция), Howe and Howe (США), Hoyarobot (Южная Корея), Lockheed Martin CDL Systems (США), LUF (Австрия), Milrem Robotics (Эстония), Mitsubishi Heavy Industries (Япония).

Зарубежные производители роботов для наблюдения и обеспечения безопасности: AirRobot (Германия), China Security and Surveillance Technology (Китай), Cobalt Robotics (США), Engineering Services (Канада), Flir (США), Gama2Robotics (США), Gecko Systems (США), Hunan Wanwei Intelligent Robot Technology (Китай), Inspector Bots (США), Knightscope (США), MacDonald, Dettwiler and Associates (Канада), MED-ENG (США), Milrem Robotics (Эстония), MineWolf Systems (Великобритания), Mitsubishi Heavy Industries (Япония), Northrop Grumman (США), NxT Robotics (США), Omnitech Robotics (США), QinetiQ (Великобритания), Rakkatec (Финляндия), Rheinmetall (Германия), Robot Security Systems (Нидерланды), Roboteam (США), Robotex (США), Rotundus АВ (Швеция), Rovenso (Швейцария), Shandong Chuangze (Китай), Shandong Guoxing Smartech (Китай), SMP Robotics (США/Россия), Taurob (Австрия), TBC (Франция), Tecdron (Франция), Topy Industries (Япония), Toshiba (Япония), Transcend Tactical (США).

## Кейс №1: ЦНИИ РТК

ЦНИИ РТК предлагает<sup>33</sup> использовать дроны оперативного реагирования для выявления причин срабатывания охранной сигнализации. Автоматическое выдвижение дрона при поступлении тревожного сигнала по заранее запрограммированному маршруту и программное огибание препятствий позволяет дежурному в кратчайшее время оценить ситуацию на месте срабатывания датчика и при необходимости вызвать группу реагирования, обеспечив воздушное сопровождения нарушителей. Окупаемость: 1-2 года.

Результатом использования дронов будет снижение трудоемкости производимых работ, уменьшение числа ложных вызовов, повышение эффективности охраны объектов.

<sup>&</sup>lt;sup>33</sup> Решение, предложенное ЦНИИ РТК, находится на стадии обсуждения с заказчиком и проработки технической части. Хотя данное решение еще не реализовано, ЦНИИ РТК считает его разработку и внедрение перспективными

#### Кейс №2: Promobot

Компания Promobot предлагает УРМП – универсальную робототехническую многофункциональную платформу. Платформа выполняет функции патрулирования в уличных условиях. Платформа может быть использована для решения следующих задач:

- удаленный контроль заданного периметра из любой точки мира;
- дистанционный анализ параметров окружающей среды;
- дистанционное получение показаний с приборов;
- дистанционное обнаружение террористических угроз;
- автоматизированное получение информации об объекте на основе фотои видеоданных, переданных по защищенным каналам связи;
- автономное перемещение на местности (в заданную точку или по маршруту);
- сковывание движения биологических объектов посредством набрасывания мягкого поверхностного элемента (сети).

#### Кейс №3: ГЕОСКАН

Российская компания ГЕОСКАН разрабатывает многофункциональные беспилотные летательные аппараты<sup>34</sup>. Беспилотники могут быть использованы не только для мониторинга промышленных объектов, но также для контроля безопасности.

Такие роботы осуществляют видеосъемку местности и передают изображение на сервер, где производится его анализ. Дроны способны замечать возгорания и другие опасные ситуации.

Например, на энергетических объектах при помощи детальной съемки оператор может рассмотреть нарушения изоляции и коррозию. Тепловая съемка помогает обнаружить утечки на подземных участках теплотрасс и предотвратить серьезную аварию.

<sup>34</sup> Официальный сайт Геоскан URL: https://www.geoscan.aero/ru/application/energetics

#### Кейс №4: СМП Роботикс

СМП Роботикс – российская компания, которая активно развивается на американском рынке. Охранный робот Трал Патруль от СМП Роботикс предназначен для круглосуточного и всепогодного патрулирования малолюдных охраняемых территорий посредством автоматических проездов по запрограммированным маршрутам. Трал Патруль позволяет уменьшить количество сотрудников частных охранных предприятий, обеспечивающих безопасность охраняемых объектов. Мобильный робот удобен для разворачивания нестационарного, временного видеонаблюдения на ночной период или на время проведения опасных работ. На роботе могут быть размещены дополнительные датчики газа, дыма, пламени, которые позволят детектировать тревожные события. Система видеонаблюдения, установленная на роботе, поддерживает ONVIF протокол передачи видео- и иной информации для ее отображения в стационарной СМS охраняемого объекта.

# Строительство и демонтаж

Хотя роботы для строительства и демонтажа являются перспективным сегментом робототехники, в 2018 году был продано всего 1 тыс. единиц таких роботов. Прирост по сравнению с данными 2017 года составил 15%. Объем рынка в 2018 году оценивался в \$61 млн. К роботам для строительства относятся мобильные платформы общего назначения, подводные аппараты и системы. Подводные аппараты являются одним из самых дорогих сегментов робототехнического оборудования. Стоимость одного робота оценивается IFR в \$549 000. Объем рынка подводных роботов составил \$53 млн, или 0,6% от объема рынка профессиональных сервисных роботов.

#### Ведущие производители робототехнических комплексов в сфере строительства

**Компании в России:** Интехрос, FlyBrick, а также ряд компаний, которые производят или используют дроны для мониторинга строительства (например, Геоскан).

Зарубежные производители: Aist (Япония), Atlas Copco (Швеция), Conjet AB (Швеция), Construction Robotics (США), FIMATEC (Финляндия), Mybuilderpal (Гаити), Putzmeister (Member of Sany Group) (Германия), Taisei (Япония), Tracto-Technik (Германия).

## Кейс №1: ЦНИИ РТК Контроль строительства

ЦНИИ РТК предлагает<sup>35</sup> использовать для контроля за процессом строительства малогабаритных роботов со средствами технического зрения. Роботы будут сравнивать трехмерные модели и реальный объект.

Предполагается, что робот сможет восстановить трехмерный портрет объекта на базе мультиракурсной съемки. В системе технического зрения будут использоваться лидарные измерения для обеспечения оперативности и точности. Это также поможет обеспечить объективность и избежать злоумышленного вмешательства.

Окупаемость комплекса: 1-2 года.

Результатом внедрения робота будет объективный мониторинг хода строительства, раннее выявление отклонений от проектной документации, повышение качества проводимых строительных работ.

#### Кейс №2: ЦНИИ РТК Демонтаж

Второе решение<sup>36</sup> ЦНИИ РТК в области строительства и демонтажа – робототехнические комплексы для демонтажа потенциально опасных объектов.

Беспилотные системы, оснащенные средствами демонтажа, дефрагментации, расчистки, обезвреживания, с дистанционным управлением позволяют существенно снизить риски проведения спасательных работ или демонтажа особо опасных объектов.

Окупаемость комплекса: 4-5 лет.

Результатом внедрения робота будет ускорение процессов демонтажа, снижение рисков интоксикации, облучения, инфекции или травмы человека при проведении работ в условиях потенциальных угроз жизни и здоровью.

<sup>35</sup> Решение, предложенное ЦНИИ РТК, находится на стадии обсуждения с заказчиком и проработки технической части. Хотя данное решение еще не реализовано, ЦНИИ РТК считает его разработку и внедрение перспективными

<sup>&</sup>lt;sup>36</sup> Решение, предложенное ЦНИИ РТК, находится на стадии обсуждения с заказчиком и проработки технической части. Хотя данное решение еще не реализовано, ЦНИИ РТК считает его разработку и внедрение перспективными

#### Кейс №3: ГЕОСКАН

Использование беспилотников ГЕОСКАН<sup>37</sup> для строительства позволяет улучшить и ускорить планирование и проектирование, контролировать качество выполняемых работ, получать актуальную информацию на всех этапах строительства.

По материалам съемки беспилотника ГЕОСКАН может быть создана трехмерная модель местности для проектирования. Цифровые модели совместимы с ГИС и САПР. Это позволит проводить пространственный анализ и оценку объемов земляных работ.

Охват всей застройки помогает прогнозировать природные изменения, что требуется для прокладки коммуникаций.

На этапе строительства видеосъемка предоставляет информацию о ходе работ, позволяет полностью охватить прогресс и создать наглядный материал для демонстрации.

Беспилотник также может использоваться для геодезических изысканий и составления планов масштабом 1:500, 1:1000, 1:2000 и т.д.

#### Кейс №4: ИНТЕХРОС

АО МГК «Интехрос» - группа компаний, деятельность которой диверсифицирована в сферах робототехники, гидравлики и электроники. Холдинг является ведущим производителем инженерной робототехники в России и внедряет инновационные решения в области гидравлики и мехатроники для повышения производительности труда.

Инженерные роботы РОИН ускоряют проведение бетонных работ в строительной отрасли. Благодаря электрической силовой установке и малым габаритам (ширина 75 см) РТС РО70 используется при демонтаже бетонных перекрытий и опор, что позволяет полностью исключить присутствие персонала в опасной зоне обрушения, а также в двадцать раз сокращает время выполнения работ по демонтажу.

<sup>&</sup>lt;sup>37</sup> По материалам официального сайта GeoScan URL: https://www.geoscan.aero/ru/application/construction



источник: интехрос

Возможность смены навесного оборудования предоставляет широкий инструментарий от фрезы и гидромолота для разрушения до специальных установок для шлифовки бетонной поверхности. В рамках совместного проекта с ПАО «Газпром Нефть» планируется тщательное изучение вопроса применения инженерных роботов РОИН для нужд капитального строительства для роботизации и автоматизации технологических процессов. Также применение роботов целесообразно в рамках развития концепции «цифровой тени», поскольку предоставляет множество данных по качеству и объему выполняемых работ.

# Экзоскелеты

Рынок экзоскелетов делится на рынок экзоскелетов для реабилитации (медицинские) и рынок экзоскелетов для облегчения нагрузки во время тяжелых работ. Экзоскелеты для реабилитации, согласно классификации IFR, рассматриваются в рамках медицинской робототехники.

Рынок экзоскелетов – развивающийся сегмент. По сравнению с 2017 годом в 2018 году объем рынка вырос на 11% и составил \$56 млн. В 2018 году было продано 7 300 экзоскелетов для облегчения нагрузки во время физических работ. Сегодня экзоскелеты используются рабочими в аэропортах при погрузке багажа, грузчиками и людьми других профессий, связанных с нагрузкой на опорно-двигательный аппарат. Такие экзоскелеты могут быть предназначены для всего тела или для поддержки только нижней части, например, ног.

РИС. 20. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКЗОСКЕЛЕТА В АЭРОПОРТУ КАНСАИ, ЯПОНИЯ



ИСТОЧНИК: GLOBAL CONSTRUCTION REVIEW

#### Ведущие производители экзоскелетов

**Компании в России:** ЭкзоАтлет, НПО «Андроидная техника», Юго-Западный госуниверситет, научно-исследовательская лаборатория мехатроники и робототехники (ЮЗГИ), Полезные роботы, Экзорайз, Концерн Калашникова, Экзомед.

Зарубежные производители: Ekso Bionics (США), Indego (Parker Hannifin, США), ReWalk, AlterG (the Bionic Leg, США), Rex Bionics (Robotic Exoskeleton, США), Honda (Япония), а также ряд других компаний.

#### Кейс №1: ЦНИИ РТК Такелажные работы

ЦНИИ РТК предлагает<sup>38</sup> использовать экзоскелеты для такелажных работ.

Использование экзоскелетов расширяет возможности человека. Работник может чередовать пассивную и активную разгрузку/погрузку, что продлит время работы экзоскелета.

Окупаемость комплекса: 2-3 года.

<sup>&</sup>lt;sup>38</sup> Решение, предложенное ЦНИИ РТК, находится на стадии обсуждения с заказчиком и проработки технической части. Хотя данное решение еще не реализовано, ЦНИИ РТК считает его разработку и внедрение перспективными

Результатом использования экзоскелета при такелажных работах будет снижение утомляемости работников, повышение производительности труда, возможность проведения такелажных работ в условиях сложного рельефа местности и других труднодоступных для технических средств местах.

## Кейс №2: ЦНИИ РТК Труднодоступные места

Второе предложение<sup>39</sup> по использованию экзоскелетов от ЦНИИ РТК – применение пассивных экзоскелетов для тяжелых работ. Это работы, не предполагающие удобства расположения работника (на корточках, лежа на боку при неровной подстилающей поверхности и т.п.).

Окупаемость комплекса: 2-3 года.

Результатом использования пассивного экзоскелета будет расширение спектра выполняемых операций, снижение трудоемкости, увеличение безопасности, обеспечение комфортности труда.

## Кейс №3: Полезные роботы

Компания «Полезные роботы», стартап инновационной зоны Сколково, представила пассивный промышленный экзоскелет ExoChair в 2017 году. Экзоскелет разрабатывается вместе с Лабораторией робототехники Сбербанка.

<sup>&</sup>lt;sup>39</sup> Решение, предложенное ЦНИИ РТК, находится на стадии обсуждения с заказчиком и проработке технической части. Хотя данное решение еще не реализовано, ЦНИИ РТК считает его разработку и внедрение перспективными

РИС. 21. EXOCHAIR OT КОМПАНИИ "ПОЛЕЗНЫЕ РОБОТЫ"



источник: полезные роботы

ExoChair – промышленный экзоскелет, предназначенный для поддержки нижней части тела. Экзоскелет снижает утомляемость и вредное влияние производства на здоровье рабочих. Он может использоваться на производстве, где рабочие преимущественно работают в одной позе (сборочное производство). Решение поможет повысить производительность труда и снизить текучесть кадров. Экзоскелет оборудован системой сбора данных с технологиями ИИ для анализа рабочего процесса и состояния трудящихся.

## Кейс №4: Андроидная техника

Экзоскелет для управления антропоморфным роботом копирующего типа был разработан компанией НПО «Андроидная техника». Экзоскелет надевается на оператора и подключается к роботу, после чего автономные действия робота прекращаются и управление роботом переходит к человеку. Робот повторяет движения оператора в экзоскелете.

Экзоскелеты такого типа в паре с андроидным роботом могут использоваться в опасных местах, где, тем не менее, требуется работа человека (например, центрах радиоизлучения), и в других экстремальных условиях.

Испытания экзоскелета для робота Федора прошли в 2019 году на Международной космической станции.

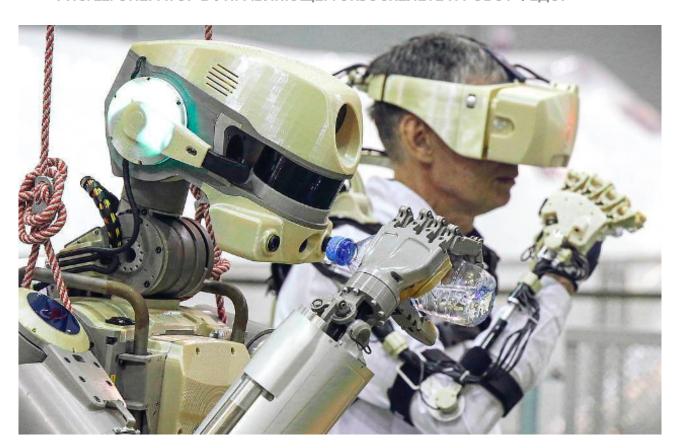


РИС. 22. ОПЕРАТОР В УПРАВЛЯЮЩЕМ ЭКЗОСКЕЛЕТЕ И РОБОТ ФЕДОР

источник: тасс

# Киноиндустрия

Беспилотные летательные аппараты имеют множество коммерческих применений. Помимо доставки грузов, съемки местности для мониторинга, картирования и моделирования, дроны также могут применяться для высококачественной видеосъемки.

Дроны для коммерческой съемки имеют следующие применения:

- тросовые дроны для снятия спортивных мероприятий требуют фиксированных и заранее подготовленных локаций;
- дроны для съемки фильмов, рекламы помогают снимать крупные сцены, панорамы, особенно часто используются для документальной съемки;
- дроны для съемки на мероприятиях, дроны в журналистике более бюджетный сегмент.

Рынок корпоративных беспилотных летательных аппаратов имеет потенциал: это самый маленький, но самый быстрорастущий рынок беспилотных летательных аппаратов по выручке.

Основная причина спроса на такие аппараты – экономическая целесообразность: использование дрона для съемки с воздуха вместо вертолета, к примеру, удешевляет услугу в разы.

За последние несколько лет дроны настолько плотно вошли в киноиндустрию, что существует целый ряд кинофестивалей<sup>40</sup>, где демонстрируются фильмы, созданные при помощи беспилотной съемки.

Экономическая эффективность в сочетании со способностью снимать в труднодоступных для человека местах, принесла много пользы как в художественной кинематографии, так и в журналистике. Благодаря дронам съемка стала не только дешевле, но и качественнее, ведь дроны создают гораздо меньше шума, чем вертолеты. Это преимущество используется и для производства телепередач (например, при съемках дикой природы).

Помимо производства самих дронов для профессионального использования в киноидустрии, создается целый сегмент по оказанию услуг в данной области, а также по созданию специализированного программного обеспечения.

<sup>&</sup>lt;sup>40</sup> Top Drone Film Festivals - [электронный источник] - URL: https://skytango.com/top-drone-film-festivals/

#### Ведущие производители дронов и роботов для киноиндустрии

Российские компании: Геоскан, Мовиком

Ведущими компаниями-производителями дронов являются DJI (Китай), Kespry (США), Autel Robotics (США), Insitu (США), Aeryon Labs Inc. (Канада), Aerialtronics (Нидерланды), Draganfly Innovations (Канада).

**Компании, использующие дроны для видеосъемок:** BBC, Columbia Pictures Industries, Paramount Pictures и другие. Дроны использовались в картинах «Пираты карибского моря», «Черная Пантера», «Ла-ла Ленд», «Стражи галактики», «Конг. Остров Черепа» и других.

#### Кейс №1: Aerial MOB

Тони Кармин, партнер-основатель компании Aerial MOB, специализирующейся на беспилотной кинематографии, считает<sup>41</sup>, что вертолет может стоить кинематографисту от 20 000 до 40 000 долларов за 10-часовую дневную съемку. Aerial MOB сдает в аренду беспилотник за \$4 500-13 000 в день. В стоимость аренды входят услуги кинематографической команды, оборудование и страховка. Таким образом, съемка с помощью дронов оказывается в 4-5 раз дешевле, чем съемка с вертолета.

<sup>&</sup>lt;sup>41</sup> Time: How Drones Are Revolutionizing the Way Film and Television Is Made - [электронный источник] - URL: https://time.com/ 5295594/drones-hollywood-artists/

#### Кейс №2: МОВИКОМ

Компания «Мовиком» представила<sup>42</sup> первую в России тросовую систему свободного перемещения в пространстве «Robycam®». Система предназначена для съемки спортивных состязаний, различных развлекательных мероприятий, телешоу, сложных постановочных кадров для кинофильмов.

Система надежных синтетических тросов, установленная на четырех опорах, при помощи мощных электролебедок, соединенных в единую роботизированную систему реального времени, дает возможность свободно перемещать в трехмерном пространстве гиростабилизированную головку, позволяющую применять камеры с длиннофокусной оптикой и отслеживать объекты плавно, без «тряски». Специальный подвес головки выдерживает большие ускорения, резкие торможения и гасит вибрации, возникающие при движении.

Головка дает возможность применять современные камеры для телевизионного вещания и записи в формате HD. Комплекс Robycam также может применяться в 2D-варианте, обеспечивая свободное перемещение камеры в вертикальной плоскости. Комплекс может работать при температурах от -10 до +50.

Скорость перемещения комплекса составляет до 10 м/с, он управляется оператором с помощью пульта с возможностью выхода в заданную точку и повторения траектории.

Комплекс был использован для съемок церемонии открытия и закрытия XI Зимних Паралимпийских игр в Сочи; Чемпионата мира по футболу 2012 (девушки до 17 лет), Баку, Азербайджан; матчей Российской Футбольной Премьер-лиги; Церемонии вручения наград МУЗ-ТВ и других мероприятий.

<sup>&</sup>lt;sup>42</sup> Time: How Drones Are Revolutionizing the Way Film and Television Is Made - [электронный источник] - URL: http://www.movicom.ru/ru/products/robycam.html

# Медицина

Медицинская робототехника - один из лидирующих по уровню технологий и востребованности сегментов профессиональной сервисной робототехники. Рынок медицинских роботов развивается уже на протяжении 25 лет.

Различают следующие сегменты медицинской робототехники:

- диагностические системы;
- роботизированная хирургия и терапия;
- системы для реабилитации;
- другие типы роботов (образовательные тренажеры, роботы для дистанционного здравоохранения).

Медицинские роботы повышают качество медицинских манипуляций за счет точного направления медицинских инструментов для диагностики и терапии, повышают точность, безопасность хирургических операций<sup>43</sup> и сокращают срок реабилитации за счет точности и возможности минимально инвазивной хирургии и исключения попадания инфекций.

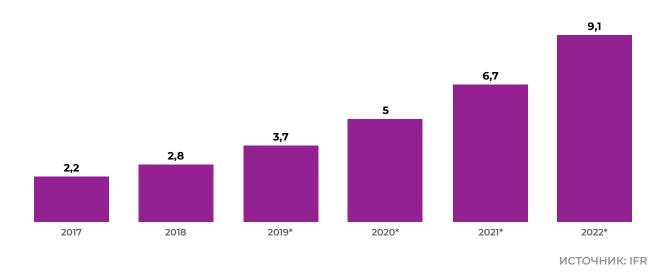
Использование робототехники в медицине повышает экономическую эффективность ухода за пациентами, облегчает процесс подготовки и обучения персонала за счет медицинских тренажеров.

Информация, собранная роботами в процессе обслуживания и диагностики, может быть использована для анализа и прогнозирования на облачных серверах.

Продажи медицинских роботов выросли в 2018 году на 50% до 5 100 единиц по сравнению с 2017 годом. Медицинские роботы составили в 2018 году 31% от общей стоимости продаж всех профессиональных сервисных роботов. Объем рынка увеличился на 27% и составил \$2,8 млрд.

<sup>43</sup> EurekAlert! The Lancet: First trial of robotic vs. non-robotic surgery for prostate cancer finds both achieve similar outcome at 3 months - [электронный источник] - URL: https://www.eurekalert.org/pub\_releases/2016-07/tl-tlf072516.php

РИС. 23. ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ МИРОВОГО РЫНКА МЕДИЦИНСКИХ РОБОТОВ В 2017-2022 ГГ., \$ МЛРД



Медицинские роботы являются самыми дорогими сервисными роботами. Средняя цена медицинского робота составляет \$548 000, включая аксессуары и услуги.

Спрос на вспомогательные робототехнические решения для стареющего населения в Европе и Азии также обладает значительным потенциалом роста. Несмотря на то, что европейские компании доминируют<sup>44</sup> в области медицинской робототехники, Азия демонстрирует огромный потенциал в данной сфере.

В России применение роботов в медицинских центрах происходит медленнее. В настоящее время в стране установлено несколько роботов-хирургов Da Vinci, а также отдельные системы Aesculap Einstein Vision 2.0 (Германия).

<sup>44</sup> IFR: Service Robots – Global Sales Value Reaches 12.9 billion USD - [электронный источник] - URL: https://ifr.org/downloads/press2018/2019-09-18\_Press\_Relase\_IFR\_World\_Robotics\_2019\_Service\_Robots\_English.pdf

<sup>\* -</sup> прогноз

#### Ведущие производители медицинской робототехники

**Российские компании в области медицинской робототехники:** ExoAtlet, Эйдос Медицина, Моторика, Гиролаб, Карфидов Лаб, Нейроботикс, Объединенная приборостроительная корпорация.

**Диагностические системы:** EndoControl (Франция), Era Endoscopy (Италия), IntroMedic (Южная Корея), Medtronic (США), Microbot Medical (Израиль), Olympus (Япония), Rani Therapeutics (США), RF SYSTEM lab. (Япония), Siemens Healthineers (Германия).

Роботы-хирурги: Aeon Phocus (Швейцария), AOT (Швейцария), Applied Dexterity (США), Auris Surgical Robotics (США), Avra Medical Robotics (США), BA SYSTEMES (Франция), Cambridge Medical Robotics (СМЯ) (Великобритания), Carl Zeiss Meditec AG (Германия), CATHETER PRECISION (США), Corindus Vascular Robotics (США), Dextérité Surgical (Франция), Elekta (Швеция), EndoControl (Франция), Ergosurg (Германия), Free Hand Surgical (Великобритания), IMRIS (США), Intuitive Surgical (США), KUKA (Германия), MacDonald, Dettwiler and Associates (Канада), Mazor Robotics (Израиль), Medical Microinstruments (ММІ) (Италия), Medical Surgery Теchnologies (Израиль), Medrobotics (США), Medtronic (США), meerecompany (Южная Корея), Microbot Medical (Израиль), ОМПВотісь (США), Preceyes (Нидерланды), Procept Biorobotics (Канада), Renishaw (Великобритания), Restoration Robotics (США), Smith & Nephew (Великобритания, США), Stereotaxis (США), Stryker (США), THINK Surgical (США), Titan Medical Inc. (Канада), TransEnterix (США), Verb Surgical (США), Virtual Incision Corporation (США), Zimmer Biomet Robotics (Франция).

Реабилитационные системы: Aitreat (Сингапур), AlterG (США), Bama Teknoloji (Турция), Bionik (США), Bionik Laboratories (Канада), Dynamic Devices (Швейцария), F&P Personal Robotics (Швейцария), GaitTronics (Канада), HealthSouth (США), Hiroshi Ishiguro Laboratories (Япония), Hocoma AG (Швейцария), Indego (Parker Hannifin) (США), Interbot (США), KineteK Division (Италия), KUKA (Германия), Marsi-bionics (Испания), Motorika (США), Movendo Technology (Италия), Paro Robots (США), Pathway (США), Reactive Robotics (Германия), Reha Technology (Швейцария), Rehab-Robotics (Гонгконг), Reha-Stim Medtec (Швейцария), Robots Care Systems BV (Нидерланды), ТугоМоtion (Австрия), Walkbot (Южная Корея).

## **Кейс №1: Intuitive Surgical, Da Vinci**

Da Vinci - робот-ассистированная хирургическая система. Робот был разработан в 2000 году американской компанией Intuitive Surgical. Робот состоит из двух типов блоков: один предназначен для хирурга-оператора, второй – исполнительное устройство, оснащенное четырьмя руками-манипуляторами. Одна из рук-манипуляторов выполняет функцию камеры, вторая является ассистентом хирургу, а двумя остальными проводятся все непосредственные манипуляции хирурга.

В США по состоянию на 2017 год было установлено 2 862 робота Da Vinci, в Европе (включая Россию) - 742, в странах Азии - 579.

В России, по состоянию на 2018 год, было установлено 29 роботов, из них 16 комплексов находятся в Москве<sup>45</sup>. Операции на Da Vinci в России проводятся бесплатно по полису общего медицинского страхования (ОМС). На октябрь 2018 года в России было выполнено более 10 тысяч операций с использованием робото-ассистированной системы Da Vinci.

Ежегодное обслуживание Da Vinci обходится в 9-10 млн рублей. Поэтому в России и странах Европы создаются аналоги, предназначенные не только для того, чтобы удешевить операции, но и сделать возможным транспортировку хирургического комплекса<sup>46</sup>.

## Кейс №2: Xenex, роботы и карантин

Медицинские роботы становятся популярными в госпиталях и больницах, где они используются для дистанционного лечения больных. Это помогает обезопасить врачей и персонал от заражения. В ряде стран<sup>47</sup> медицинские роботы обслуживают больных на карантине.

Благодаря роботам медицинский персонал может минимизировать контакт с больными пациентами. Такие роботы доставляют заболевшим необходимые препараты и позволяют общаться с пациентом удаленно<sup>48</sup>.

<sup>&</sup>lt;sup>45</sup> Robotrends: Da Vinci - [электронный источник] - URL: http://robotrends.ru/robopedia/da-vinci

<sup>&</sup>lt;sup>46</sup> Hightech: Британская компания выпустила ловкого и компактного робота-хирурга - [электронный источник] - URL: https://hightech.plus/2018/09/05/britanskaya-kompaniya-vipustila-lovkogo-i-kompaktnogo-robota-hirurga

<sup>&</sup>lt;sup>47</sup> Verdict: How are robots contributing to the fight against coronavirus?- [электронный источник] - URL: https://www.medicaldevice-network.com/features/coronavirus-robotics/

<sup>&</sup>lt;sup>48</sup> CNN: A man diagnosed with Wuhan coronavirus near Seattle is being treated largely by a robot- [электронный источник] - URL: https://edition.cnn.com/2020/01/23/health/us-wuhan-coronavirus-doctor-interview/index.html

Один робот заменяет трех человек в доставке медикаментов, а также исключает возможность распространения заражения по больнице.

Помимо функций доставки, роботы используются в госпиталях для обеззараживания помещений. Так, робот Xenex использует ультрафиолет<sup>49</sup> для дезинфекции больничных помещений и уничтожения патогенной среды.

#### Кейс №3: Universal Robots

Коботы компании Universal Robots используются в медицинской лаборатории в Гентофте, Дания<sup>50</sup>. Главной целью госпиталя была обработка 90% входящих анализов в течение первого часа, что стало невозможным после увеличения количества поступающих образцов. Вместо найма дополнительного персонала было решено установить два коллаборативных робота Universal Robots для сортировки анализов.

Первый робот берет образец и помещает его в сканер штрих-кодов. Камера наблюдения фиксирует цвет завинчивающейся крышки, и робот помещает образец в одну из четырех стоек в соответствии с цветом.

Второй робот поднимает образцы из стеллажа и помещает их в специальное устройство для центрифугирования и анализа. Роботы обрабатывают 3 000 проб в день, 7-8 пробирок в минуту.

Результатом внедрения роботов стало поддержание скорости обработки без дополнительного персонала, несмотря на увеличение количества образцов (на 20%). Более 90% результатов анализов оказываются готовы менее чем через час после поступления в лабораторию.

Доставка почти всех результатов анализа крови в течение часа означает, что амбулаторные пациенты экономят поездку в больницу, поскольку врач теперь получает результаты во время консультации. Результаты образцов, взятых утром у стационарных пациентов, готовы до утреннего обхода врача.

<sup>&</sup>lt;sup>49</sup> Forbes: Robots To The Rescue: How High-Tech Machines Are Being Used To Contain The Wuhan Coronavirus - [электронный источник] - URL: https://www.forbes.com/sites/jilliandonfro/2020/02/robots-to-the-rescue-how-high-tech-machines-are-being-used-to-contain-the-wuhan-coronavirus/#6cf191be1779

<sup>&</sup>lt;sup>50</sup> Universal Robots:Two UR5 Universal Robots ensure faster delivery of blood sample results - [официальный источник] - URL: https://www.universal-robots.com/case-stories/gentofte-hospital/

## Кейс №4: ЦНИИ РТК Робот для рентгена

ЦНИИ РТК предлагает<sup>51</sup> использовать роботов для проведения рентгеновского и радиационного обследования (облучения). Медицинский персонал не будет подвержен излучению в процессе лечения пациента.

Манипуляционные системы дистанционно управляют размещением источника и приемника излучения. Это позволяет вносить требуемые коррективы непосредственно в процессе обследования.

Окупаемость комплекса: 1-2 года.

Результатом использования такого комплекса будет снижение дозовых нагрузок на медперсонал, улучшение качества диагностики, расширение возможностей медицинских технологий.

#### Кейс №5: ЦНИИ РТК Робот-ассистент

ЦНИИ РТК предлагает<sup>52</sup> использовать роботов-ассистентов для проведения медицинских процедур.

При необходимости проведения длительных процедур, требующих внимания и аккуратности (например, удаления венозной сетки) робот имеет преимущество перед специалистом не только по точности позиционирования инструмента, но и по точности соблюдения длительности экспозиции, а при необходимости, и его расчете для каждой точки обработки.

Окупаемость комплекса: 3-4 года.

Результатом использования роботов-ассистентов будет повышение качества проведения рутинных процедур, связанных с длительной обработкой участков тела пациента, снижение негативного влияния человеческого фактора.

<sup>&</sup>lt;sup>51</sup> Решение, предложенное ЦНИИ РТК, находится на стадии обсуждения с заказчиком и проработки технической части. Хотя данное решение еще не реализовано, ЦНИИ РТК считает его разработку и внедрение перспективными

<sup>&</sup>lt;sup>52</sup> Решение, предложенное ЦНИИ РТК, находится на стадии обсуждения с заказчиком и проработки технической части. Хотя данное решение еще не реализовано, ЦНИИ РТК считает его разработку и внедрение перспективными

#### Кейс №6: Эйдос Медицина

Медицинские роботы в России используются также в образовательных целях в качестве тренажеров. Одним из успешных примеров, представленных в России, можно назвать российскую компанию Эйдос Медицина (Татарстан).

Медицинские симуляторы Эйдос позволяют отрабатывать ситуации экстренной помощи, расширенной реанимации, реанимации пациента-ребенка.

Роботы Эйдос экспортируются в США, страны Европы, в Бразилию, КНР и Японию. Стоимость оборудования \$90 000 - 100 000. Компания производит роботов-симуляторов по направлениям травматология, военная медицина, базовая реанимация и др. 95% компонентов роботов изготавливаются компанией самостоятельно.

Использование роботов-симуляторов в больницах и учебных центрах повышает уровень подготовки персонала, снижает психологическую нагрузку на персонал и вероятность врачебной ошибки, позволяет отрабатывать различные ситуации.

#### Кейс №7: Моторика

Российская компания Моторика занимается производством бионических протезов верхних конечностей. В России данный протез можно получить бесплатно с компенсацией до 100% от государства<sup>53</sup>. Емкости батареи хватает на несколько дней работы протеза, в то время как аккумулятор заряжается полностью за 3 часа. На протезе расположен индикатор текущего состояния батареи.

Биоэлектрический протез «Страдивари»<sup>54</sup> обеспечивает захват и разжатие пальцев для выполнения основных бытовых действий: он помогает самостоятельно одеваться, брать мелкие предметы, готовить еду.

Система управления бионическим протезом работает с помощью электродов, считывающих электрический потенциал с мышц культи в момент их сокращения. Информация с датчиков передается на микропроцессор кисти и через компьютерные алгоритмы преобразуется в двигательные команды.

В результате протез выполняет сжатие или разжатие пальцев. Протез также может быть оснащен дополнительными опциями в виде бесконтактной оплаты и GSM- модулем удаленного мониторинга состояния протеза. Данные протезы подходят для людей в возрасте от 16 лет.

<sup>&</sup>lt;sup>53</sup> TJournal: Кто в России создает бионические протезы, что о них говорят и как ими пользоваться [электронный источник] - URL: https://tjournal.ru/analysis/102253-kto-v-rossii-sozdaet-bionicheskie-protezy-chto-o-nih-govoryat-polzovateli-i-kak-ih-kupit-na-sredstva-gosudarstva

<sup>&</sup>lt;sup>54</sup> Официальный сайт Моторика: https://motorica.org/protezirovanie/stradivary

#### Кейс №8: ExoAtlet

ExoAtlet<sup>55</sup> — новейший инструмент роботизированной механотерапии, обеспечивающий восстановление нарушенных и компенсацию утраченных функций опорно-двигательного аппарата. Экзоскелет предназначен для реабилитации больных с последствиями травмы спинного мозга, перенесенного инсульта, ДЦП, рассеянным склерозом и другими нозологиями.

ExoAtlet обладает расширенными возможностями настройки системы управления и конструкции и позволяет проводить тренировки с пациентом одним специалистом. Существует три способа управления экзоскелетом: с умного костыля для пациента, с планшета для сопровождающего и со страховочных ручек для сопровождающего.

#### Дополнительные преимущества:

- облачный сервис для хранения/планирования и управления тренировками пациентов;
- большой набор статистических данных для анализа прогресса пациента;
- индивидуальная настройка шага: регулировка длины шага, скорости и высоты подъема ноги;
- максимально естественный паттерн ходьбы с перекатом стопы;
- модуль защиты от спастики;
- комфортное, быстрое сервисное сопровождение и обслуживание;
- дружелюбный интерфейс пользователя, простота эксплуатации персоналом;
- безопасность для пациента;
- достоверность данных для врачей;
- конкурентоспособная цена на международном рынке.

<sup>&</sup>lt;sup>55</sup> Skolkovo Community [электронный источник] - URL: https://sk.ru/net/1120869/

# Кейс №9: Робот для медицинского осмотра Promobot

Медицинская версия робота Promobot - комплексное решение для базовых медицинских обследований. В робота интегрировано высокотехнологичное оборудование и искусственный интеллект для выполнения ряда медицинских исследований. Встраиваемое оборудование:

- · спирометр (SpO2 + спирография);
- глюкометр (глюкоза + общий холестерин + гемоглобин + МНО);
- тонометр (артериальное давление + пульс);
- принтер;
- дефибриллятор (экстренная помощь);
- · LIDAR (навигация);
- портативные весы (замер веса+ рост);
- пульсоксиметр.

#### Робот может:

- определить состояние здоровья, измерить риски по шкалам SCORE, FINDRISC, PHQ-9, ESRS, GINA 2009, BO3;
- выявить индивидуальные факторы риска развития инфаркта миокарда, инсульта, сахарного диабета и других заболеваний;
- дать рекомендации по отказу от вредных привычек и предложить индивидуальные советы по изменению образа жизни;
- отобразить наиболее вероятные прогнозы при соблюдении данных рекомендаций.

Синергия сразу нескольких технологий позволяет роботу не только измерять тонометром артериальное давление и частоту сердечных сокращений, но и определять наличие и степень артериальной гипертензии и нарушения ритма сердца. Кроме того, робот может определить жизнеугрожающие состояния – гипертонический криз, гипотонию, синдром слабости синусого узла, синоатриальные или атриовентрикулярные блокады, гипер- и гипогликемию, выраженную дыхательную недостаточность и предложить обратиться к врачу или вызвать скорую медицинскую помощь.

Кроме этого, робот способен определять рост/вес, ИМТ, количество жировой и мышечной массы, уровень сахара в крови без взятия биологических жидкостей. Робот определяет жизненную емкость легких, бронхиальную проходимость, пико-

вую объемную скорость выдоха. Рассчитав индекс Тиффно и проанализировав множество остальных параметров, робот сможет предположить наличие бронхиальной астмы, хронической обструктивной болезни легких. Робот распечатает результат обследования согласно международному стандарту, обратит внимание на возможные проблемы с легкими и, при необходимости, посоветует обратиться к врачу.

# Кейс №10: НПО Андроидная техника

НПО «Андроидная техника» разработали частичный экзоскелет – экзокисть – для реабилитации медицинских больных после инсульта.

Оператор посылает команды на сжатие и разжатие расслабленной кисти. При помощи экзокисти происходит стимуляция мозга, движения активизируются посредством воображения.

РИС. 24. ЭКЗОКИСТЬ-2



ИСТОЧНИК: НПО «АНДРОИДНАЯ ТЕХНИКА»

Были проведены испытания экзокисти. По отзывам медицинского персонала<sup>56</sup>, экзокисть дает высокий эффект восстановления функций руки. Использование экзокисти стимулирует участие пациента в процедуре реабилитации. При этом экзокисть может использоваться для восстановления вне зависимости от тяжести дефицита движения и длительности периода восстановления.

<sup>&</sup>lt;sup>56</sup> НПО «Андроидная техника»: Экзокисть – 2 – [электронный источник] – URL: https://npo-at.com/production/ekzokist-2-3

Данное исследование подготовлено Министерством цифрового развития, связи и массовых коммуникаций в сотрудничестве с Национальной Ассоциацией участников рынка робототехники (НАУРР).

Национальная Ассоциация участников рынка робототехники (НАУРР) – отраслевой союз, объединяющий игроков рынка промышленной робототехники, включая отечественных и зарубежных производителей и интеграторов, а также производителей сервисной робототехники, исследовательские и образовательные организации, разработчиков подсистем и программного обеспечения. Ассоциация создана с целью развития рынка робототехники в России.

Выражаем благодарность робототехническим компаниям, которые приняли участие в исследовании и предоставили информацию о своих проектах. Мы планируем продолжить работу над публикациями о внедрении и применении передовых технологий в области робототехники. Вы можете связаться с нами, если хотите дать обратную связь об исследовании или сообщить о своем робототехническом проекте.

#### Контакты:

#### ПАВЕЛ СМОЛЕНКО

Департамент координации и реализации проектов по цифровой экономике Минкомсвязи России p.smolenko@digital.gov.ru

#### АЛИСА КОНЮХОВСКАЯ

Национальная Ассоциация участников рынка робототехники ak@robotunion.ru